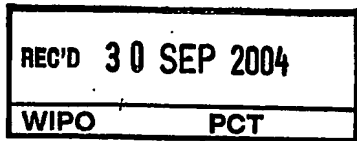


09.09.2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2003年 8月 8日

出 願 番 号
Application Number: 特願2003-206962
[ST. 10/C]: [JP 2003-206962]

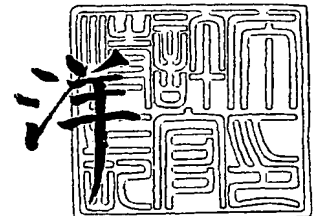
出 願 人
Applicant(s): シャープ株式会社
コニカミノルタホールディングス株式会社
独立行政法人産業技術総合研究所

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 8月10日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願

【整理番号】 03J02736

【提出日】 平成15年 8月 8日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 B41J 2/06

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 西尾 茂

【発明者】

【住所又は居所】 東京都日野市さくら町一番地 コニカテクノロジーセンター株式会社内

【氏名】 岩下 広信

【発明者】

【住所又は居所】 東京都日野市さくら町一番地 コニカテクノロジーセンター株式会社内

【氏名】 山本 和典

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県つくば市東 1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内

【氏名】 村田 和広

【特許出願人】

【持分】 040/100

【識別番号】 000005049

【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【特許出願人】

【持分】 030/100

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 1-6-1 丸の内センタービル
ディング

【氏名又は名称】 コニカミノルタホールディングス株式会社

【特許出願人】

【持分】 030/100

【識別番号】 301021533

【氏名又は名称】 独立行政法人産業技術総合研究所

【代理人】

【識別番号】 100080034

【弁理士】

【氏名又は名称】 原 謙三

【電話番号】 06-6351-4384

【選任した代理人】

【識別番号】 100113701

【弁理士】

【氏名又は名称】 木島 隆一

【選任した代理人】

【識別番号】 100116241

【弁理士】

【氏名又は名称】 金子 一郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003229

【納付金額】 14,700円

【その他】 国等以外の全ての者の持分の割合 070/100

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0208489

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 静電吸引型流体吐出方法およびその装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ノズルと吐出先部材との間に駆動電圧印加手段から駆動電圧を印加して、ノズル内に供給された流体に電荷を供給し、この流体をノズル孔から前記吐出先部材に吐出させる静電吸引型流体吐出装置において、

前記ノズルの孔径は $\phi 0.01 \mu\text{m} \sim \phi 25 \mu\text{m}$ であり、

前記駆動電圧印加手段は、前記駆動電圧として、正負両極性に反転する両極性パルス電圧であり、周波数が 1 Hz 以上の電圧を出力することを特徴とする静電吸引型流体吐出装置。

【請求項 2】

ノズルと吐出先部材との間に駆動電圧印加手段から駆動電圧を印加して、ノズル内に供給された流体に電荷を供給し、この流体をノズル孔から前記吐出先部材に吐出させる静電吸引型流体吐出装置において、

前記ノズルの孔径は $\phi 0.01 \mu\text{m} \sim \phi 25 \mu\text{m}$ であり、

前記駆動電圧印加手段は、前記駆動電圧として、正負両極性に反転する両極性パルス電圧であり、前記流体の電気伝導度 $\sigma \text{ S/m}$ および比誘電率 ϵ に対して、 $\tau = \epsilon / \sigma$ にて決定される時定数 τ と駆動電圧周波数 $f \text{ Hz}$ との関係が $f \leq 1 / (2 \tau)$ となる電圧を出力することを特徴とする静電吸引型流体吐出装置。

【請求項 3】

ノズルと吐出先部材との間に駆動電圧印加手段から駆動電圧を印加して、ノズル内に供給された流体に電荷を供給し、この流体をノズル孔から前記吐出先部材に吐出させるとともに、移動手段にて前記ノズルと吐出先部材とをこれら両者の対向方向に直交する方向に相対移動させる静電吸引型流体吐出装置において、

前記ノズルの孔径は $\phi 0.01 \mu\text{m} \sim \phi 25 \mu\text{m}$ であり、

前記駆動電圧印加手段は、前記駆動電圧として、正負両極性に反転し、周波数が $f \text{ Hz}$ である両極性パルス電圧を出力するものであり、

前記駆動電圧印加手段の駆動電圧周波数 $f \text{ Hz}$ と前記相対移動における相対速

度 $v \mu m/sec$ との関係が、 $f \geq 5v$ となるように、前記駆動電圧出力手段と前記移動手段との少なくとも一方を制御する制御手段をさらに備えていることを特徴とする静電吸引型流体吐出装置。

【請求項 4】

ノズルと吐出先部材との間に駆動電圧印加手段から駆動電圧を印加して、ノズル内に供給された流体に電荷を供給し、この流体をノズル孔から前記吐出先部材に吐出させるとともに、移動手段にて前記ノズルと吐出先部材とをこれら両者の対向方向に直交する方向に相対移動させる静電吸引型流体吐出装置において、

前記ノズルの孔径は $\phi 0.01 \mu m \sim \phi 25 \mu m$ であり、

前記駆動電圧印加手段は、前記駆動電圧として、正負両極性に反転する両極性パルス電圧であり、400V以下の電圧を出力することを特徴とする静電吸引型流体吐出装置。

【請求項 5】

ノズルと吐出先部材との間に駆動電圧を印加して、ノズル内に供給された流体に電荷を供給し、この流体をノズル孔から前記吐出先部材に吐出させる静電吸引型流体吐出方法において、

前記ノズルの孔径は $\phi 0.01 \mu m \sim \phi 25 \mu m$ であり、

前記駆動電圧は、正負両極性に反転する両極性パルス電圧であり、周波数が 1Hz 以上の電圧であることを特徴とする静電吸引型流体吐出方法。

【請求項 6】

ノズルと吐出先部材との間に駆動電圧を印加して、ノズル内に供給された流体に電荷を供給し、この流体をノズル孔から前記吐出先部材に吐出させる静電吸引型流体吐出方法において、

前記ノズルの孔径は $\phi 0.01 \mu m \sim \phi 25 \mu m$ であり、

前記駆動電圧は、正負両極性に反転する両極性パルス電圧であり、前記流体の電気伝導度 $\sigma S/m$ および比誘電率 ϵ に対して、 $\tau = \epsilon / \sigma$ にて決定される時定数 τ と駆動電圧周波数 $f Hz$ との関係が $f \leq 1 / (2\tau)$ となる電圧であることを特徴とする静電吸引型流体吐出方法。

【請求項 7】

ノズルと吐出先部材との間に駆動電圧を印加して、ノズル内に供給された流体に電荷を供給し、この流体をノズル孔から前記吐出先部材に吐出させるとともに、前記ノズルと吐出先部材とをこれら両者の対向方向に直交する方向に相対移動させる静電吸引型流体吐出方法において、

前記ノズルの孔径は $\phi 0.01\mu\text{m} \sim \phi 25\mu\text{m}$ であり、

前記駆動電圧として、正負両極性に反転し、周波数が $f\text{Hz}$ である両極性パルス電圧を出力し、

前記駆動電圧周波数 $f\text{Hz}$ と前記相対移動における相対速度 $v\mu\text{m}/\text{sec}$ との関係が、 $f \geq 5v$ となるように駆動電圧周波数と相対移動速度との少なくとも一方を制御することを特徴とする静電吸引型流体吐出方法。

【請求項 8】

ノズルと吐出先部材との間に駆動電圧を印加して、ノズル内に供給された流体に電荷を供給し、この流体をノズル孔から前記吐出先部材に吐出させる静電吸引型流体吐出方法において、

前記ノズルの孔径は $\phi 0.01\mu\text{m} \sim \phi 25\mu\text{m}$ であり、

前記駆動電圧は、正負両極性に反転する両極性パルス電圧であり、 400V 以下の電圧であることを特徴とする静電吸引型流体吐出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、インク等の流体を帯電させ、その流体をノズルから基板などの対象物上に吐出する静電吸引型流体吐出方法およびその装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

一般に、インク等の流体を対象物（記録媒体）上に吐出する流体ジェット方式にはインクジェットプリンタとして実用化されているピエゾやサーマルなどの方式があるが、その他の方式として、吐出する流体を導電性流体とし、導電性流体に電界を印加してノズルから吐出させる静電吸引方式がある。

【0003】

このような静電吸引方式の流体吐出装置（以下、静電吸引型流体吐出装置と称する）としては、例えば特許文献1および特許文献2において開示がある。

【0004】

また、特開2000-127410号公報（特許文献4）には、ノズル孔をスリット状とすると共にノズル孔に突出した針電極を設け、該針電極を用いて微粒子を含むインク吐出する装置が開示されている。

【0005】

また、特開平8-238774号公報（特許文献3）には、ノズル孔より内部のインク室に電圧印加用の電極を設けた装置が開示されている。

【0006】

ここで、従来の静電吸引型流体吐出装置における流体吐出モデルを説明する。

【0007】

静電吸引型流体吐出装置とりわけオンデマンド型の静電吸引型流体吐出装置の設計要因としては、インク液体の導電性（例えば比抵抗 $10^6 \sim 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ ）、表面張力（例えば $0.020 \sim 0.040 \text{ N/m}$ ）、粘度（例えば $0.011 \sim 0.015 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ ）、印加電圧（電場）がある。そして、印加電圧としては、ノズルに印加する電圧、およびノズルと対向電極間との距離が特に重要とされていた。

【0008】

静電吸引型流体吐出装置においては、電気流体的な不安定性を利用しており、図24にこの様子を示す。一様電界の中に導電性流体を静置すると、導電性流体の表面に作用する静電力が表面を不安定にし、曳き糸の成長を促す（静電曳き糸現象）。この時の電場は、ノズル100と、ノズル100先端のノズル孔100aと距離hを隔てて対向する対向電極101との間に電圧Vを印加したときに発生する電場 E_0 とする。この時の成長波長 λ_c は物理的に導くことが可能であり（例えば、非特許文献1）、次式で表される。

【0009】

【数 1】

$$\lambda_c = \frac{2\pi\gamma}{\epsilon_0} E_0^{-2} \quad \dots(1)$$

【0010】

ここで、 γ ：表面張力（N/m）、 ϵ_0 ：真空の誘電率（F/m）、 E_0 ：電界の強さ（V/m）である。ノズル径 d （m）が、 λ_c よりも小さい場合、成長は起こらない。すなわち、

【0011】

【数 2】

$$d > \frac{\lambda_c}{2} = \frac{\pi\gamma}{\epsilon_0 E_0^2} \quad \dots(2)$$

【0012】

が、吐出のための条件となっていた。

【0013】

ここで、 E_0 は平行平板を仮定した場合の電界強度（V/m）で、ノズル－対向電極間距離を h （m）、ノズルに印加する電圧を V_0 として、

【0014】

【数 3】

$$E_0 = \frac{V_0}{h} \quad \dots(3)$$

【0015】

したがって、

【0016】

【数 4】

$$d > \frac{\pi\gamma h^2}{\epsilon_0 V_0^2} \quad \dots(4)$$

【0017】

となる。

【0018】

【特許文献1】

特公昭36-13768号公報（公告日昭和36年8月18日）

【0019】**【特許文献2】**

特開2001-88306号公報（公開日平成13年4月3日）

【0020】**【特許文献3】**

特開平8-238774号公報（公開日平成8年9月17日）

【0021】**【特許文献4】**

特開2000-127410号公報（公開日平成12年5月9日）

【0022】**【非特許文献1】**

画像電子情報学会，第17巻，第4号，1988年，p.185-193

【0023】**【発明が解決しようとする課題】**

流体吐出装置では、一般的により微細なドット形成やライン形成を可能とするために、インクを吐出するノズルの径を小さくしたいといった要望がある。

【0024】

しかしながら、現在実用化されているピエゾ方式やサーマル方式などの流体吐出装置では、ノズル径を小さくして、例えば1 p lを下回るような微量の流体の吐出は困難である。これは、流体を吐出するノズルが微細になるほど吐出に必要な圧力が大きくなるためである。

【0025】

また、上述のような流体吐出装置では、液滴の微細化と高精度化は相反する課題であり、両方を同時に実現するのは困難であった。これは以下の理由による。

【0026】

ノズルから吐出された液滴に付与される運動エネルギーは、液滴半径の3乗に比例する。このため、ノズルを微細化した場合に吐出される微細液滴は、吐出時

の空気抵抗に耐えるほどの十分な運動エネルギーを確保できず、空気滞留などによる攪乱を受け、正確な着弾を期待できない。さらに、液滴が微細になるほど、表面張力の効果が増すため、液滴の蒸気圧が高くなり蒸発量が激しくなる。このため、微細液滴は飛翔中に著しい質量の消失を招き、着弾時に液滴の形態を保つことすら難しいという問題があった。

【0027】

またさらに、上述した従来の静電吸引型流体吐出装置における流体吐出モデルに基づくと、上記(2)式より、ノズル径の減少は吐出に必要な電界強度の増加を要請することとなる。そして、電界強度は、上記(3)式に示すように、ノズルに印加する電圧(駆動電圧) V_0 とノズル-対向電極間距離 h とによって決まるため、ノズル径の減少は駆動電圧の上昇を招来する。

【0028】

ここで、従来の静電吸引型流体吐出装置における駆動電圧は、1000V以上と非常に高いため、各ノズル間でのリークや干渉化を考慮すると小型化および高密度化は難しく、ノズル径をさらに小さくすると上記問題がより大きなものとなる。また、1000Vを越えるような高電圧のパワー半導体は一般的に高価で周波数応答性も低い。

【0029】

尚、上記特許文献1で開示されているノズル径は0.127mmであり、特許文献2で開示されているノズル径の範囲は50~2000 μm 、より好ましくは100~1000 μm といった範囲であった。

【0030】

ノズル径に関して、従来の静電吸引型流体吐出における典型的な動作条件を当てはめて計算してみると、表面張力0.020N/m、電界強度 10^7V/m として、上記(1)式に代入して計算すると、成長波長 λ_c は約140 μm となる。すなわち、限界ノズル径として70 μm という値が得られる。すなわち、上記条件下では 10^7V/m の強電界を用いてもノズル径が直径70 μm 程度以下の場合には背圧を印加して強制的にメニスカス形成させるなどの処置をとらない限り、インクの成長は起こらず、静電吸引型流体吐出は成立しないと考えられていた

。すなわち、微細ノズルと駆動電圧の低電圧化は両立しない課題と考えられていた。

【0 0 3 1】

以上のように、従来の流体吐出装置では、ノズルの微細化と高精度化は相反する課題であり、両方を同時に実現することは困難であった。また、特に静電吸引型流体吐出装置では、ノズルの微細化と駆動電圧の低電圧化とは両立しない課題と考えられていた。

【0 0 3 2】

本発明は、上記の問題点を解決するためになされたもので、その目的は、ノズルの微細化と微小流体の吐出及び着弾位置の高精度化、さらに、駆動電圧の低電圧化をすべて実現した静電吸引型流体吐出装置を提供することにある。

【0 0 3 3】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するために、本発明の静電吸引型流体吐出装置は、ノズルと吐出先部材、例えば絶縁性基板との間に駆動電圧印加手段から駆動電圧を印加して、ノズル内に供給された流体に電荷を供給し、この流体をノズル孔から前記吐出先部材に吐出させる静電吸引型流体吐出装置において、前記ノズルの孔径は $\phi 0.01 \mu\text{m} \sim \phi 25 \mu\text{m}$ であり、前記駆動電圧印加手段は、前記駆動電圧として、正負両極性に反転する両極性パルス電圧であり、周波数が 1 Hz 以上の電圧を出力することを特徴としている。

【0 0 3 4】

また、本発明の静電吸引型流体吐出方法は、ノズルと吐出先部材、例えば絶縁性基板との間に駆動電圧を印加して、ノズル内に供給された流体に電荷を供給し、この流体をノズル孔から前記吐出先部材に吐出させる静電吸引型流体吐出方法において、前記ノズルの孔径は $\phi 0.01 \mu\text{m} \sim \phi 25 \mu\text{m}$ であり、前記駆動電圧は、正負両極性に反転する両極性パルス電圧であり、周波数が 1 Hz 以上の電圧であることを特徴としている。

【0 0 3 5】

従来、静電吸引型流体吐出装置において、ノズル孔径の縮小は吐出に必要な電

界強度の増加を招来するため、ノズル孔径の微細化と駆動電圧の低電圧化は両立し得ないと考えられていた。これに対し、本願発明では、ノズル孔径を $\phi 0.01 \mu\text{m} \sim \phi 25 \mu\text{m}$ の微細径とした場合に局所電界が発生し、吐出における駆動電圧の低下が可能になるという新たな知見に基づき、ノズル孔径を上記範囲内とすることにより、ノズル孔径の微細化と駆動電圧の低電圧化の両立を実現している。

【0036】

また、上記の構成では、ノズルに印加する駆動電圧が、正負両極性に反転する両極性パルス電圧であり、周波数が 1 Hz 以上の電圧となっているので、吐出先部材のチャージアップによる吐出先部材での液滴の飛散領域の拡大と駆動電圧の上昇とを抑制することができる。この結果、吐出先部材に対する微細パターンの形成を、ノズルの低電圧駆動により、かつ鮮明に行うことができる。

【0037】

本発明の静電吸引型流体吐出装置は、ノズルと吐出先部材、例えば絶縁性基板との間に駆動電圧印加手段から駆動電圧を印加して、ノズル内に供給された流体に電荷を供給し、この流体をノズル孔から前記吐出先部材に吐出させる静電吸引型流体吐出装置において、前記ノズルの孔径は $\phi 0.01 \mu\text{m} \sim \phi 25 \mu\text{m}$ であり、前記駆動電圧印加手段は、前記駆動電圧として、正負両極性に反転する両極性パルス電圧であり、前記流体の電気伝導度 $\sigma \text{ S/m}$ および比誘電率 ϵ に対して、 $\tau = \epsilon / \sigma$ にて決定される時定数 τ と駆動電圧周波数 $f \text{ Hz}$ との関係が $f \leq 1 / (2 \tau)$ となる電圧を出力することを特徴としている。

【0038】

また、本発明の静電吸引型流体吐出方法は、ノズルと吐出先部材、例えば絶縁性基板との間に駆動電圧を印加して、ノズル内に供給された流体に電荷を供給し、この流体をノズル孔から前記吐出先部材に吐出させる静電吸引型流体吐出方法において、前記ノズルの孔径は $\phi 0.01 \mu\text{m} \sim \phi 25 \mu\text{m}$ であり、前記駆動電圧は、正負両極性に反転する両極性パルス電圧であり、前記流体の電気伝導度 $\sigma \text{ S/m}$ および比誘電率 ϵ に対して、 $\tau = \epsilon / \sigma$ にて決定される時定数 τ と駆動電圧周波数 $f \text{ Hz}$ との関係が $f \leq 1 / (2 \tau)$ となる電圧であることを特徴として

いる。

【0039】

従来、静電吸引型流体吐出装置において、ノズル孔径の縮小は吐出に必要な電界強度の増加を招来するため、ノズル孔径の微細化と駆動電圧の低電圧化は両立し得ないと考えられていた。これに対し、本願発明では、ノズル孔径を $\phi 0.01 \mu\text{m} \sim \phi 25 \mu\text{m}$ の微細径とした場合に局所電界が発生し、吐出における駆動電圧の低下が可能になるという新たな知見に基づき、ノズル孔径を上記範囲内とすることにより、ノズル孔径の微細化と駆動電圧の低電圧化の両立を実現している。

【0040】

また、上記の構成では、ノズルに印加する駆動電圧として、正負両極性に反転する両極性パルス電圧であり、流体の電気伝導度 σ S/m および比誘電率 ϵ に対して、 $\tau = \epsilon / \sigma$ にて決定される時定数 τ と駆動電圧周波数 f Hz との関係が $f \leq 1 / (2 \tau)$ となる電圧を出力するので、ノズルからの吐出最低電圧の上昇を抑制し、かつ吐出先部材上における液滴の飛散領域を狭くし、吐出先部材上において鮮明な微細パターンを形成することができる。

【0041】

本発明の静電吸引型流体吐出装置は、ノズルと吐出先部材、例えば絶縁性基板との間に駆動電圧印加手段から駆動電圧を印加して、ノズル内に供給された流体に電荷を供給し、この流体をノズル孔から前記吐出先部材に吐出させるとともに、移動手段にて前記ノズルと吐出先部材とをこれら両者の対向方向に直交する方向に相対移動させる静電吸引型流体吐出装置において、前記ノズルの孔径は $\phi 0.01 \mu\text{m} \sim \phi 25 \mu\text{m}$ であり、前記駆動電圧印加手段は、前記駆動電圧として、正負両極性に反転し、周波数が f Hz である両極性パルス電圧を出力するものであり、前記駆動電圧印加手段の駆動電圧周波数 f Hz と前記相対移動における相対速度 $v \mu\text{m} / \text{sec}$ との関係が、 $f \geq 5 v$ となるように、前記駆動電圧出力手段と前記移動手段との少なくとも一方を制御する制御手段をさらに備えていることを特徴としている。

【0042】

また、本発明の静電吸引型流体吐出方法は、ノズルと吐出先部材、例えば絶縁性基板との間に駆動電圧を印加して、ノズル内に供給された流体に電荷を供給し、この流体をノズル孔から前記吐出先部材に吐出させるとともに、前記ノズルと吐出先部材とをこれら両者の対向方向に直交する方向に相対移動させる静電吸引型流体吐出方法において、前記ノズルの孔径は $\phi 0.01 \mu\text{m} \sim \phi 25 \mu\text{m}$ であり、前記駆動電圧として、正負両極性に反転し、周波数が $f \text{ Hz}$ である両極性パルス電圧を出力し、前記駆動電圧周波数 $f \text{ Hz}$ と前記相対移動における相対速度 $v \mu\text{m}/\text{sec}$ との関係が、 $f \geq 5v$ となるように駆動電圧周波数と相対移動速度との少なくとも一方を制御することを特徴としている。

【0043】

従来、静電吸引型流体吐出装置において、ノズル孔径の縮小は吐出に必要な電界強度の増加を招来するため、ノズル孔径の微細化と駆動電圧の低電圧化は両立し得ないと考えられていた。これに対し、本願発明では、ノズル孔径を $\phi 0.01 \mu\text{m} \sim \phi 25 \mu\text{m}$ の微細径とした場合に局所電界が発生し、吐出における駆動電圧の低下が可能になるという新たな知見に基づき、ノズル孔径を上記範囲内とすることにより、ノズル孔径の微細化と駆動電圧の低電圧化の両立を実現している。

【0044】

また、ノズルに印加する駆動電圧として、正負両極性に反転し、周波数が $f \text{ Hz}$ である両極性パルス電圧を出力し、ノズルと吐出先部材との相対移動における相対速度 $v \mu\text{m}/\text{sec}$ と駆動電圧周波数 $f \text{ Hz}$ との関係が、 $f \geq 5v$ となるように駆動電圧周波数と相対移動速度との少なくとも一方を制御するので、吐出先部材上における液滴の飛散を抑制して、鮮明な微細パターンを形成することが可能となる。

【0045】

本発明の静電吸引型流体吐出装置は、ノズルと吐出先部材、例えば絶縁性基板との間に駆動電圧印加手段から駆動電圧を印加して、ノズル内に供給された流体に電荷を供給し、この流体をノズル孔から前記吐出先部材に吐出させるとともに、移動手段にて前記ノズルと吐出先部材とをこれら両者の対向方向に直交する方

向に相対移動させる静電吸引型流体吐出装置において、前記ノズルの孔径は $\phi 0.01\mu\text{m}\sim\phi 25\mu\text{m}$ であり、前記駆動電圧印加手段は、前記駆動電圧として、正負両極性に反転する両極性パルス電圧であり、400V以下の電圧を出力することを特徴としている。

【0046】

また、本発明の静電吸引型流体吐出方法は、ノズルと吐出先部材、絶縁性基板との間に駆動電圧を印加して、ノズル内に供給された流体に電荷を供給し、この流体をノズル孔から前記吐出先部材に吐出させる静電吸引型流体吐出方法において、前記ノズルの孔径は $\phi 0.01\mu\text{m}\sim\phi 25\mu\text{m}$ であり、前記駆動電圧は、正負両極性に反転する両極性パルス電圧であり、400V以下の電圧であることを特徴としている。

【0047】

従来、静電吸引型流体吐出装置において、ノズル孔径の縮小は吐出に必要な電界強度の増加を招来するため、ノズル孔径の微細化と駆動電圧の低電圧化は両立し得ないと考えられていた。これに対し、本願発明では、ノズル孔径を $\phi 0.01\mu\text{m}\sim\phi 25\mu\text{m}$ の微細径とした場合に局所電界が発生し、吐出における駆動電圧の低下が可能になるという新たな知見に基づき、ノズル孔径を上記範囲内とすることにより、ノズル孔径の微細化と駆動電圧の低電圧化の両立を実現している。

【0048】

また、ノズルに印加する駆動電圧は、正負両極性に反転する両極性パルス電圧であり、400V以下の電圧であるので、吐出先部材上に流体を吐出してドット形成する場合、そのドット周辺部への液滴の飛散を抑制し、鮮明な微細パターンを形成することができる。

【0049】

【発明の実施の形態】

〔前提技術〕

まず、本発明の前提技術について、図面を参照して以下に説明する。

本発明の前提技術に係る静電吸引型流体吐出装置は、そのノズル径を 0.01μ

m ~ 25 μ m としており、かつ、1000 V 以下の駆動電圧にて吐出流体の吐出制御を可能としている。

【0050】

ここで、従来のインク吐出モデルにおいては、ノズル径の減少は駆動電圧の上昇に繋がるため、50 ~ 70 μ m 以下のノズル径では、吐出インクに背圧を与えるなどの他の工夫を行わない限り、1000 V 以下の駆動電圧でのインク吐出は不可能と考えられていた。しかしながら、本願発明者らは鋭意検討の結果、あるノズル径以下では、従来のインク吐出モデルとは異なる吐出モデルでの吐出現象が起こることを突き止めた。本前提技術は、このインク吐出モデルにおける新たな知見に基づいている。

【0051】

まずは、本願の前提技術において究明されたインク吐出モデルについて説明する。

【0052】

直径 d （以下の説明においては、特に断らない限りノズル孔の内径を指す）のノズルに導電性インクを注入し、無限平板導体から h の高さに垂直に位置させたと仮定する。この様子を図 18 に示す。このとき、ノズル先端（ノズル孔：流体吐出孔）に誘起される電荷 Q は、ノズル先端の吐出流体によって形成される半球部に集中すると仮定し、以下の式で近似的に表される。

【0053】

【数 5】

$$Q = 2\pi\epsilon_0\alpha V_0 d \quad \cdots (5)$$

【0054】

ここで、 Q ：ノズル先端に誘起される電荷（C）、 ϵ_0 ：真空の誘電率（F/m）、 d ：ノズル径（直径）（m）、 V_0 ：ノズルに印加する総電圧である。また、 α は、ノズル形状などに依存する比例定数であり、1 ~ 1.5 程度の値を取るが、特に $d \ll h$ （ h ：ノズル（ノズル孔）－基板間距離（m））の時はほぼ 1 となる。

【0055】

また、基板として導電基板を用いた場合、ノズルと対向して基板内の対称位置に、上記電荷 Q と反対の極性を持つ鏡像電荷 Q' が誘導されと考えられる。基板が絶縁体の場合は、誘電率によって定まる対称位置に同様に電荷 Q と逆極性の映像電荷 Q' が誘導される。

【0056】

ノズル先端部における集中電界強度 E_{loc} は、先端部の曲率半径を R と仮定すると、

【0057】

【数6】

$$E_{loc} = \frac{V_0}{kR} \quad \dots (6)$$

【0058】

で与えられる。ここで、 k は、ノズル形状などに依存する比例定数であり、1.5～8.5 程度の値を取るが、多くの場合 5 程度と考えられる (P.J. Birdseye and D.A. Smith, Surface Science, 23(1970), p.198-210)。また、ここでは、インク吐出モデルを簡単にするため、 $R = d/2$ と仮定する。これは、ノズル先端部において表面張力によって導電性インクがノズル径 d と同じ曲率径を持つ半球形状に盛り上がっている状態に相当する。

【0059】

次に、ノズル先端の吐出流体に働く圧力のバランスを考える。まず、静電的な圧力 P_e は、ノズル先端部の液面積を S とすると、

【0060】

【数7】

$$P_e = \frac{Q}{S} E_{loc} = \frac{2Q}{\pi d^2} E_{loc} \quad \dots (7)$$

【0061】

となる。(5)～(7) 式より、圧力 P_e は、 $\alpha = 1$ とおいて、

【0062】

【数 8】

$$P_e = \frac{4\epsilon_0 V_0}{d} \cdot \frac{2V_0}{kd} = \frac{8\epsilon_0 V_0^2}{kd^2} \quad \dots (8)$$

【0063】

と表される。

【0064】

一方、ノズル先端部における吐出流体の表面張力による圧力 P_s とすると、

【0065】

【数 9】

$$P_s = \frac{4\gamma}{d} \quad \dots (9)$$

【0066】

となる。ここで、 γ : 表面張力である。静電的な力により吐出が起こる条件は、静電的な力が表面張力を上回ることなので、静電的な圧力 P_e と表面張力による圧力 P_s との関係は、

【0067】

【数 10】

$$P_e > P_s \quad \dots (10)$$

【0068】

となる。

【0069】

図 19 に、ある直径 d のノズルを与えた時の、表面張力による圧力 P_s と静電的な圧力 P_e との関係を示す。吐出流体の表面張力としては、吐出流体が水 ($\gamma = 72 \text{ mN/m}$) の場合を仮定している。ノズルに印加する電圧を 700 V とした場合、ノズル直径 d が $25 \mu\text{m}$ において静電的な圧力 P_e が表面張力による圧力 P_s を上回ることが示唆される。このことより、 V_0 と d との関係を求めると、

【0070】

【数 1 1】

$$V_0 > \sqrt{\frac{\gamma k d}{2\epsilon_0}} \quad \dots(11)$$

【0 0 7 1】

が吐出の最低電圧を与える。

【0 0 7 2】

また、その時の吐出圧力 ΔP は、

【0 0 7 3】

【数 1 2】

$$\Delta P = P_e - P_s \quad \dots(12)$$

【0 0 7 4】

より、

【0 0 7 5】

【数 1 3】

$$\Delta P = \frac{8\epsilon_0 V_0^2}{k d^2} - \frac{4\gamma}{d} \quad \dots(13)$$

【0 0 7 6】

となる。

【0 0 7 7】

ある直径 d のノズルに対し、局所的な電界強度によって吐出条件を満たす場合の吐出圧力 ΔP の依存性を図 20 に、吐出臨界電圧（すなわち吐出の生じる最低電圧） V_c の依存性を図 21 に示す。

【0 0 7 8】

図 20 から、局所的な電界強度によって吐出条件を満たす場合（ $V_0 = 700$ V, $\gamma = 72$ mN/m と仮定した場合）のノズル径の上限が $25 \mu\text{m}$ であることが分かる。

【0 0 7 9】

図 21 の計算では、吐出流体として水（ $\gamma = 72$ mN/m）および有機溶剤（ $\gamma = 20$ mN/m）を想定し、 $k = 5$ の条件を仮定した。この図より、微細ノズ

ルによる電界の集中効果を考慮すると、吐出臨界電圧 V_c はノズル径の減少に伴い低下することが明らかであり、吐出流体が水の場合においてノズル径が $25\ \mu\text{m}$ の場合、吐出臨界電圧 V_c は 700 V 程度であることが分かる。

【0080】

従来の吐出モデルにおける電界の考え方、すなわちノズルに印加する電圧 V_0 とノズル-対向電極間距離 h とによって定義される電界のみを考慮した場合では、ノズル径が微小になるに従い、吐出に必要な駆動電圧は増加する。

【0081】

これに対し、本前提技術において提案する新たな吐出モデルのように、局所電界強度に注目すれば、微細ノズル化により吐出における駆動電圧の低下が可能となる。このような駆動電圧の低下は、装置の小型化およびノズルの高密度化において極めて有利となる。もちろん、駆動電圧を低下させることで、コストメリットの高い低電圧駆動ドライバの使用をも可能にする。

【0082】

さらに、上記吐出モデルでは、吐出に必要な電界強度は、局所的な集中電界強度に依存することになるため、対向電極の存在が必須とならない。すなわち、従来の吐出モデルでは、ノズル-基板間に電界を印加するため、絶縁体の基板に対してはノズルと反対側に対向電極を配置するか、あるいは基板を導電性とする必要があった。そして、対向電極を配置する場合、すなわち基板が絶縁体の場合では、使用できる基板の厚さに限界があった。

【0083】

これに対し、本前提技術の吐出モデルでは、対向電極を要せずに絶縁性基板などに対しても印字を行うことが可能となり、装置構成の自由度が増す。また、厚い絶縁体に対しても印字を行うことが可能となる。なお、ノズルから吐出される液体は帯電しているので、この液体と基板との間には鏡像力が働く。この鏡像力の大きさと基板からのノズルの距離 h との相関を図 22 に示す。

【0084】

次に、上記吐出流量の精密制御について考えて見る。円筒状の流路における流量 Q は、粘性流の場合、以下のハーゲン・ポアズイユの式によって表される。い

ま、円筒形のノズルを仮定し、このノズルを流れる流体の流量 Q は、次式で表される。

【0085】

【数14】

$$Q = \frac{\pi \Delta P}{\eta L} d^4 \quad \dots (14)$$

【0086】

ここで、 η : 流体の粘性係数 (Pa · s)、 L : 流路すなわちノズルの長さ (m)、 d : 流路すなわちノズルの径 (m)、 ΔP : 圧力差 (Pa) である。上式より、流量 Q は、流路の半径の 4 乗に比例するため、流量を制限するためには、微細なノズルの採用が効果的である。この (14) 式に、(13) 式で求めた吐出圧力 ΔP を代入し、次式を得る。

【0087】

【数15】

$$Q = \frac{4\pi d^3}{\eta L} \left(\frac{2\epsilon_0 V_0^2}{kd} - \gamma \right) \quad \dots (15)$$

【0088】

この式は、直径 d 、長さ L のノズルに電圧 V を印加した際に、ノズルから流出する流体の流出量を表している。この様子を、図 23 に示す。計算には $L = 10$ mm、 $\eta = 1$ (mPa · s)、 $\gamma = 72$ (mN/m) の値を用いた。いま、ノズル径を先行技術の最小値 $50 \mu\text{m}$ と仮定する。電圧 V を徐々に印加していくと、電圧 $V = 1000$ V で吐出が開始する。この電圧は、図 21 でも述べた吐出開始電圧に相当する。そのときのノズルからの流量が Y 軸に示されている。吐出開始電圧 V_c 直上で流量は急速に立ち上がっている。このモデル計算上では、電圧を V_c より少し上で精密に制御することで微小流量が得られそうに思えるが、片対数で示される図からも予想されるように実際上それは不可能で、特に $10^{-10} \text{m}^3/\text{s}$ 以下、微量の実現は困難である。また、ある径のノズルを採用した場合には、(11) 式で与えられたように、最小駆動電圧が決まってしまう。このため

、先行技術のように、直径 $50\ \mu\text{m}$ 以上のノズルを用いる限り、 $10^{-10}\text{m}^3/\text{s}$ 以下の微小吐出量や、 1000V 以下の駆動電圧にすることは困難である。

【0089】

図から分かるように、直径 $25\ \mu\text{m}$ のノズルの場合 700V 以下の駆動電圧で充分であり、直径 $10\ \mu\text{m}$ のノズルの場合 500V 以下でも制御可能である。また、直径 $1\ \mu\text{m}$ のノズルの場合 300V 以下でも良いことが分かる。

【0090】

以上の考察は、連続流を考えた場合であるが、ドットを形成するためには、スイッチングの必要性がある。次にそれに関して述べる。

【0091】

静電吸引による吐出は、ノズル端部における流体の帯電が基本である。帯電の速度は誘電緩和によって決まる時定数程度と考えられる。

【0092】

【数16】

$$\tau = \frac{\epsilon}{\sigma} \quad \dots(16)$$

【0093】

ここで、 ϵ : 流体の比誘電率、 σ : 流体の導電率 (S/m) である。流体の比誘電率を 10 、導電率を $10^{-6}\text{S}/\text{m}$ を仮定すると、 $\tau = 1.854 \times 10^{-5}\text{s}$ となる。あるいは、臨界周波数を f_c とすると、

【0094】

【数17】

$$f_c = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad \dots(17)$$

【0095】

となる。この f_c よりも早い周波数の電界の変化に対しては、応答できず吐出は不可能になると考えられる。上記の例について見積もると、周波数としては 10kHz 程度となる。

【0096】

次に、ノズル内における表面張力の低下について考える。電極の上に絶縁体を配置し、その上に滴下した液体と電極の間に電圧を印加すると液体と絶縁体の接触面積が増す、すなわちぬれ性がよくなることが見いだされ、エレクトロウエットリング (Electrowetting) 現象と呼ばれている。この効果は、円筒形のキャピラリー形状においても成り立ち、エレクトロキャピラリー (Electrocapillary) と呼ばれることもある。エレクトロウエットリング効果による圧力と、印加電圧、キャピラリーの形状、溶液の物性値との間に以下の関係がある。

【0097】

【数18】

$$P_{ec} = \frac{2\epsilon_0\epsilon_r}{t} \frac{V_0^2}{d} \quad \dots(18)$$

【0098】

ここで、 ϵ_0 : 真空の誘電率、 ϵ_r : 絶縁体の誘電率、 t : 絶縁体の厚さ、 d : キャピラリーの内径である。流体として、水を考えてこの値を計算してみると、上述の特許文献1の実施例の場合を計算してみると、高々30000Pa (0.3気圧) にすぎないが、本前提技術の場合、ノズルの外側に電極を設けることにより30気圧相当の効果が得られることがわかった。これにより、微細ノズルを用いた場合でもノズル先端部への流体の供給は、この効果により速やかに行われる。この効果は、絶縁体の誘電率が高いほど、またその厚さが薄いほど顕著になる。エレクトロキャピラリー効果を得るためには、厳密には絶縁体を介して電極を設置する必要があるが、十分な絶縁体に十分な電場がかかる場合、同様の効果が得られる。

【0099】

以上の議論において、注意すべき点は、これらの近似理論は従来のように電界強度として、ノズルに印加する電圧 V_0 と、ノズルと対向電極間の距離 h とで決まる電界ではなく、ノズル先端における局所的な集中電界強度に基づいている。また、本前提技術において重要なのは、局所的な強電界と、流体を供給する流路が非常に小さなコンダクタンスを持つことである。そして、流体自身が微小面積

において十分に帯電することである。帯電した微小流体は、基板などの誘電体、または導体を近づけると、鏡像力が働き基板に対し直角に飛翔する。このために、実施例ではノズルは作成の容易さからガラスキャピラリーを使っているが、これに限定されるものではない。

【0100】

〔実施の形態1〕

以下の実施の形態においては、超微細ノズルから静電力によって超微細液体を吐出させる場合におけるノズルの駆動条件について究明した結果について説明する。

【0101】

静電吸引型流体吐出装置においては、前述の前提技術にて説明したように、ノズル孔の直径（ノズル径）を $\phi 0.01 \sim 25 \mu\text{m}$ の範囲とすることにより、ノズル孔径の微細化と駆動電圧の低電圧化との両立が可能である。

【0102】

また、ノズルからの吐出材料となる液体の吐出量は、ノズルと吐出先部材との間の電位差やノズルと吐出先部材との間の距離、すなわちギャップによって制御することができる。基本的には、電位差が大きいほど、またギャップが小さいほど、ノズル先端の電界強度を大きくすることができるため、その吐出量を制御することが容易となる。

【0103】

しかしながら、上記のような静電吸引型流体吐出方法には、次のような問題点がある。すなわち、絶縁性の吐出先部材に対して液体の吐出を行った場合、DC バイアスや片側極性のパルス電圧など、+ または - の片側極性のバイアスを駆動電圧としてノズルに印加した場合、吐出液体中の電荷によって吐出先部材がチャージアップし、その表面電位が上昇する。そして、この表面電位上昇の影響により、吐出駆動力となるノズル（ノズル内部の駆動電極）と吐出先部材との間の電位差が不安定となり吐出不良が発生する。

【0104】

この結果、片側極性のバイアスを使用して安定吐出を行うためには、上記電位

差を確保するために、ノズルの駆動電極にさらに高いバイアスを与える必要があり、ノズルの低電圧駆動が困難となる。実際に、DCバイアスによる吐出最低電圧は、図14に示すように、吐出先部材として表面抵抗値が $1015\Omega/\text{sq}$ のポリイミドを使用した場合の方が、吐出先部材として表面抵抗値が $1010\Omega/\text{sq}$ のガラス基板あるいは導電体のSUS基板を使用した場合よりも高くなり、前者の方が吐出特性において劣っている。

【0105】

そこで、このような吐出最低電圧の上昇を抑制するために、ノズルの駆動電圧として両極性パルス電圧を使用するのが好ましい。この場合には、図15に示すように、DCバイアスを使用する場合と比較して、吐出最低電圧が低下することがわかる。これは、吐出先部材への着弾液滴の帯電電荷が正負交互となり、吐出先部材上へは順次逆極性の電荷が滴下されるため、吐出先部材でのチャージアップを抑制しながら吐出が行われることによる。このように、ノズルの駆動電圧として両極性パルス電圧を使用することは、ノズルからの吐出安定性を高める上で有効である。

【0106】

ところが、ノズルの駆動電圧として両極性パルス電圧を使用した場合であっても、図16に示すように、吐出先部材への描画パターン形成時に、描画パターンの周辺に微小な液滴の飛散りが発生し、描画パターンが乱れる事態を招来する。これは次の理由による。

【0107】

例えば、図17(a)に示すように、ノズルの駆動電圧として周波数の低いパルス電圧を使用し、このパルス電圧の正極性パルスにてノズルからの吐出が行われる構成の場合、吐出先部材である絶縁性基板16上には正電荷を有する液体が連続的に吐出される。このとき、図17(b)に示すように、先に滴下されている液体上に後から液体が滴下されると、両液体は同極性に帯電しているために絶縁性基板16上において反発し合い、例えば後から滴下された液体がさらに微細な液滴となって絶縁性基板16上に飛び散ることになる。

【0108】

上記のような微細液滴の飛散りは、例えば、吐出材料を導電性材料として絶縁性基板 16 上に配線パターンを描画した場合に、基板の電気特性に悪影響を及ぼすことになる。

【0109】

そこで、本発明の静電吸引型流体吐出装置では、さらに、ノズルの駆動電圧として両極性パルス電圧を使用する構成において、吐出先部材上における吐出材料の飛散りを抑制して、描画像の乱れの少ない鮮明な微細パターンを形成できるようにする。

【0110】

以下、本実施の形態の静電吸引型流体吐出装置について詳細に説明する。

図 1 は本実施の形態における静電吸引型流体吐出装置の概略構成図である。図 1 に示すように、静電吸引型流体吐出装置では、液滴吐出ヘッドとなるノズル 11 とステージ 12 とが対向配置されている。すなわち、ノズル 11 は先端部が下方を向くように配置され、ノズル 11 の下方にステージ 12 が水平に設けられている。ノズル 11 は図示しない駆動装置に駆動されて任意の方向へ移動可能となっている。例えば、ノズル 11 はノズル 11 を独立して移動させるための 3 次元ロボットに備え付けられている。なお、ノズル 11 とステージ 12 とは相対移動すればよく、したがってステージ 12 が駆動装置に駆動されて移動するものであってもよい。

【0111】

ノズル 11 内には駆動電極 13 が設けられ、この駆動電極 13 には電源（駆動電圧印加手段）14 が接続されている。また、ノズル 11 内には液体からなる吐出材料（流体）15 が充填され、ステージ 12 上には吐出材料 15 の吐出先である絶縁性基板（吐出先部材）16 が固定される。ステージ 12 は接地されており、したがって絶縁性基板 16 はステージ 12 を通じて接地される。絶縁性基板 16 にはノズル 11 から吐出された吐出材料 15 により、例えば微細な配線パターンが形成される。

【0112】

ノズル 11 は、超微細液体を吐出可能とするために、低コンダクタンスの流路

がノズル 11 の近傍に設けられているか、もしくはノズル 11 自身が低コンダクタンスのものとなっている。このために、ノズル 11 は、ガラス製キャピラリーが好適であるが、導電性物質に絶縁材でコーティングしたものでも可能である。

【0113】

ノズル 11 をガラス製とする理由は、容易に数 μm 程度のノズル孔を形成できること、ノズル孔の閉塞時にはノズル端を破碎することにより新しいノズル端を再生できること、ガラスノズルの場合、テーパー角がついているために、不要な溶液が表面張力によって上方へと移動し、ノズル端に滞留せず、ノズル詰まりの原因にならないこと、およびノズル 11 が適度な柔軟性を持つため、可動ノズルの形成が容易であること等による。

【0114】

具体的には、芯入りガラス管（商品名：株式会社ナリシゲ製 GD-1）を用い、キャピラリープラーにより作成することができる。芯入りガラス管を用いた場合には次のような利点がある。

【0115】

(1) 芯側ガラスがインクに対し濡れやすいために、インクの充填が容易になる。(2) 芯側ガラスが親水性で、外側ガラスが疎水的であるためにノズル端部において、インクの存在領域が芯側のガラスの内径程度に限られ、電界の集中効果がより顕著となる。(3) 微細ノズル化が可能となる。(4) 十分な機械的強度が得られる。

【0116】

ノズル径の下限値は、制作上の都合から $0.01\mu\text{m}$ が好ましく、また、ノズル径の上限値は、図 8 に示した静電的な力が表面張力を上回る時のノズル径の上限が $25\mu\text{m}$ であること、および図 20 に示した局所的な電界強度によって吐出条件を満たす場合のノズル径の上限が $25\mu\text{m}$ であることから $25\mu\text{m}$ が好ましく、 $15\mu\text{m}$ がより好ましい。特に、局所的な電界集中効果をより効果的に利用するには、ノズル径は $0.01\sim 8\mu\text{m}$ の範囲が望ましい。本実施の形態において、ノズル径は $\phi 0.1\sim \phi 20\mu\text{m}$ の範囲に設定している。

【0117】

また、ノズル 11 は、キャピラリーチューブに限らず、微細加工により形成される 2 次元パターンノズルでもかまわない。ノズル 11 を成形性の良いガラスとした場合、ノズル 11 を電極として利用することはできないから、ノズル 11 内には、金属線（例えばタングステン線）を駆動電極 13 として挿入する。なお、ノズル 11 内にメッキにて駆動電極 13 を形成しても良い。また、ノズル 11 自体を導電性物質で形成した場合には、その上に絶縁材をコーティングする。

【0118】

また、駆動電極 13 は、ノズル 11 内に充填された液体である吐出材料 15 に浸されるように配置する。吐出材料 15 は図示しない供給源から供給される。

【0119】

電源（駆動電圧印加手段）14 の動作は、例えばコンピュータからなる制御装置（駆動電圧印加手段）17 により制御される。すなわち、制御装置 17 からの吐出信号が電源 14 に供給され、この吐出信号に応じて電源 14 からパルス波形の電圧が駆動電極 13 に印加される。ノズル 11 内の吐出材料 15 はこの電圧により帯電し、ノズル 11 から吐出される。上記駆動電圧の一例を図 2 に示す。この駆動電圧は、極性が順次正負に判定する両極性パルス電圧であり、その周波数は 1 Hz 以上となっている。

【0120】

絶縁性基板 16 としては、表面抵抗値が $10^{10} \Omega / sq$ 以上のものであれば良く、ポリイミドやアクリル、ポリカーボネード等の高分子材料以外に、低湿度環境下のガラス等からなるものも上記範囲内に当てはまる。

【0121】

上記の構成において、まず、ノズル 11 からの微細液体の吐出原理について説明する。この吐出原理は次のように考えられている。静電吸引型流体吐出装置では、電源 14 から駆動電極 13 に駆動電圧が印加されることにより、駆動電極 13 から吐出材料 15 に電荷が供給される。この電荷は、ノズル 11 内部の吐出材料 15 を通じて、ノズル 11 の先端部に形成された、静電容量を有するメニスカス 40 に移動する。そして、静電吸引型流体吐出装置 40 の電荷量が所定量に達すると、ノズル 11 から絶縁性基板 16 への液体の吐出が行われる。

【0122】

次に、静電吸引型流体吐出装置におけるノズル11から吐出材料15を吐出して絶縁性基板16に所望のパターンを形成する場合の動作について説明する。

【0123】

ノズル11は、3次元ロボット等の駆動装置により、所望のパターニングデータに応じてX軸方向およびY軸方向に2次元駆動される。この際、ノズル11は、さらにノズル11の先端と絶縁性基板16との距離（ギャップ）が常に30～200 μ mの範囲内となるように、Z軸方向の位置が制御される。上記のギャップ測定手段としては、レーザを利用した変位計あるいはレーザを利用したギャップ測長計が利用される。

【0124】

ノズル11の上記移動に伴い、ノズル11の駆動電極13に対して電源14から両極性パルス電圧（駆動電圧）が印加される。これにより、ノズル11内の吐出材料15においてノズル11の先端方向に向けて電荷の移動が始まる。そして、ノズル11の先端部において吐出材料15により形成されるメニスカス40に電荷が蓄積されてその周辺部の電界強度が上昇する。その後、電界強度がノズル11から吐出材料15を吐出させるための臨界点を超えると、ノズル11から吐出材料15が吐出され、絶縁性基板16上に着弾する。この場合、ノズル11の駆動電圧として1Hz以上の両極性パルス電圧が駆動電極13に印加されているので、絶縁性基板16上に着弾する液体の極性は正負交互となる。また、1発の吐出時間は500msec以下となる。

【0125】

次に、静電吸引型流体吐出装置による絶縁性基板16への描画動作における両極性パルス電圧の周波数特性について説明する。

【0126】

図3には、ポリイミド基板（絶縁性基板16）上に銀ナノペーストを吐出材料として吐出した場合の駆動電圧周波数と吐出最低電圧との関係を示し、図4には駆動電圧周波数とライン描画時における絶縁性基板16上での液滴飛散領域幅との関係を示している。

【0127】

駆動電極 13 に駆動電圧として両極性パルス電圧を印加した場合、交互に印加される正電圧および負電圧のそれぞれに応じてノズル 11 から吐出材料 15 の液滴が吐出される。このときの吐出時間は両極性パルス電圧の周波数に応じて変化し、この吐出時間に比例して絶縁性基板 16 上に着弾する吐出材料 15 の一滴の電荷量が変化する。

【0128】

この場合、両極性パルス電圧の周波数を下げて一発（一回の吐出）あたりの電荷量を増やすと、図 3 に示すように、吐出最低電圧（ノズル 11 からの吐出開始電圧）が上昇する。これは、一発あたりの電荷量が増加すると、絶縁性基板 16 上に着弾した液滴の電荷量（絶縁性基板 16 のチャージ量）が大きくなって絶縁性基板 16 とノズル 11 との間の電位差が低下し、持続的に安定吐出を行うのに必要な駆動電極 13 への印加電圧（駆動電圧）の値が高くなることによる。

【0129】

すなわち、図 3 においては、駆動電圧周波数が 1 Hz よりも低くなると吐出最低電圧（吐出開始電圧）が上昇し始めており、このように駆動電圧周波数が 1 Hz 未満の条件では、駆動電圧が DC バイアス（DC 電圧）である場合のように、ノズル 11 からの吐出動作が、絶縁性基板 16 のチャージアップの影響を受け始めている。

【0130】

実際に、図 3 に示すように、絶縁性基板 16 上への吐出材料 15 の吐出による描画時における絶縁性基板 16 上での液滴の飛散領域幅は、駆動電圧周波数が 1 Hz 未満の条件下において急激に増大していることが確認できる。逆に、駆動電圧周波数が 1 Hz 以上の条件下では、絶縁性基板 16 上での液滴の飛散領域幅を 50 μ m 以下に抑制することができ、良好な描画像を安定して形成することができる。

【0131】

以上のように、本実施の形態の静電吸引型流体吐出装置では、ノズル 11 の駆動電極 13 に印加する駆動電圧として 1 Hz 以上の両極性パルス電圧を使用して

いるので、絶縁性基板 16 のチャージアップによる絶縁性基板 16 での液滴の飛散領域の拡大と駆動電圧の上昇とを抑制することができる。この結果、絶縁性基板 16 に対する微細パターンの形成を、ノズル 11 の低電圧駆動により、かつ鮮明に行うことができる。

【0132】

なお、本実施の形態では、駆動電圧としての両極性パルス電圧をノズル 11 の駆動電極 13 に印加するものとして説明したが、ノズル 11 からの吐出に必要な駆動電圧は駆動電極 13 に印加される電圧と対向電極として機能するステージ 12 との間の電位差である。したがって、駆動電圧は、ステージ 12 にのみ印加される電圧である構成、あるいはステージ 12 に印加される電圧と駆動電極 13 に印加される電圧との合成電圧（電位差）である構成であってもよい。

【0133】

また、駆動電圧である両極性パルス電圧としては、AC 等のようなスルーレートの高い波形であっても利用可能である。

【0134】

〔実施の形態 2〕

本発明の実施の他の形態を図面に基づいて以下に説明する。

図 5 (a) および図 5 (b) は、ノズル 11 の駆動電極 13 に印加される駆動電圧としての両極性パルス電圧の波形とノズル 11 先端における吐出材料 15 の表面電位との関係を示す波形図であって、図 5 (a) はノズル 11 から吐出材料 15 の吐出が起きない場合、図 5 (b) は同吐出が起こる場合を示している。図 6 は、ノズル 11 において駆動電極 13 から供給される電荷がノズル 11 先端のメニスカス 40 に蓄積される動作の説明図である。図 7 は、図 5 (b) の駆動電圧（駆動電圧周波数）を使用した場合のノズル 11 からの吐出材料 15 の吐出および不吐出の様子を示す説明図である。図 8 は、駆動電圧周波数と吐出最低電圧との関係を示すグラフ、図 9 は、駆動電圧周波数と絶縁性基板 16 上における液滴の飛散領域幅との関係を示すグラフである。図 10 は、吐出材料 15 として、染色インクおよび銀ナノペーストを使用した場合における駆動電圧周波数と吐出最低電圧との関係を広い周波数範囲で示すグラフである。なお、本実施の形態にお

いては、前記の実施形態と同じ部分の説明は省略し、異なる部分のみを説明する。

【0135】

本実施の形態の静電吸引型流体吐出装置は図1に示した構成を有する。この静電吸引型流体吐出装置においては、ノズル11の駆動電極13に両極性パルス電圧を印加した場合の電圧波形、およびこの電圧印加に基づいてノズル11先端の吐出材料15に蓄積される電荷による表面電位との関係が図5(a)または図5(b)のようになる。

【0136】

すなわち、図5(a)(b)および図6において、ノズル11の駆動電極13に両極性パルス電圧101を印加すると、ノズル11内部の駆動電極13からノズル11先端に向けて吐出材料15内を電荷が移動し、この電荷がノズル11先端のメニスカス40に蓄積される。これにより、メニスカス表面電位102は、立上り電位101aおよび立下り電位101bで最大となるような飽和曲線を描きながら上昇する。この場合、メニスカス表面電位102が吐出に必要な駆動力を得るための吐出可能最低電位103に達した時点にて、ノズル11からの吐出材料15の吐出が開始される。

【0137】

したがって、図5(a)に示すように、メニスカス表面電位102が吐出可能最低電位103に到達しないうちにパルスが反転するような(逆極性電圧が印加されるような)駆動電圧周波数の場合には、ノズル11からの吐出材料15の吐出は生じない。そこで、ノズル11からの吐出材料15の吐出が行われるようにするには、両極性パルス電圧101の振幅を大きくするか、あるいは駆動電圧周波数を下げて両極性パルス電圧101の正電圧および負電圧それぞれの印加時間を長くする必要がある。

【0138】

ここで、駆動電圧周波数を低下させる場合に注目すると、吐出材料15の電気伝導度 σ S/mおよび比誘電率 ϵ にて決定される帯電時定数 τ と両極性パルス電圧101における正電圧および負電圧それぞれの印加時間 T との大小関係により

ノズル 11 からの吐出の有無を設定することができる。したがって、図 5 (b) に示すように、駆動電圧周波数 f Hz を帯電時定数 τ よりも印加時間 T が大きくなるように設定すること、すなわち、駆動電圧周波数 f を、 $f \leq 1 / (2 \tau)$ を満たすように設定することにより、ノズル 11 からの吐出材料 15 の吐出を行わせることができる。図 7 には、図 5 (b) の駆動電圧（駆動電圧周波数）に対応してノズル 11 からの吐出材料 15 の吐出および不吐出の様子を示す。

【0139】

具体例として、ポリイミド基板（絶縁性基板 16）上に銀ナノペーストを吐出材料 15 として吐出させた場合について、図 8 には駆動電圧周波数と吐出最低電圧との関係を示し、図 9 には駆動電圧周波数と絶縁性基板 16 における液滴の飛散領域幅との関係を示す。

【0140】

図 8 の結果では、駆動電圧周波数が約 50 Hz 以上になると吐出最低電圧が上昇している。これは、メニスカス表面電位 102 を吐出可能最低電位 103 に到達させるために、印加電圧（両極性パルス電圧）を大きくせざるを得ない駆動電圧周波数条件であることを意味している。すなわち、駆動電圧周波数が 50 Hz 以上である場合は、 $f \leq 1 / (2 \tau)$ を満たさない駆動周波数条件である。

【0141】

また、図 9 の結果では、駆動電圧周波数が 50 Hz 以上において、絶縁性基板 16 上における液滴の飛散領域が大きくなり、絶縁性基板 16 上の描画像の乱れが大きくなっていることがわかる。すなわち、絶縁性基板 16 上における液滴の飛散をできるだけ抑制して、鮮明な微細パターンを得るためには、50 Hz 以下の駆動電圧周波数で吐出を行う必要がある。

【0142】

図 10 には、吐出材料 15 として、電気伝導度が $10^{-4} \sim -6$ (S/cm) の染色インクおよび電気伝導度が $10^{-7} \sim -9$ (S/cm) の銀ナノペーストを使用した場合における駆動電圧周波数と吐出最低電圧との関係を広い周波数範囲で示す。すなわち、図 10 は銀ナノペーストについては、低い周波数範囲を示す図 3 と高い周波数範囲を示す図 8 とを合成したものとなっている。

【0143】

なお、図10に基づく駆動電圧周波数 f の好ましい範囲は、 $1\text{ Hz} \leq f$ かつ $f \leq 1/(2\tau)$ である。

【0144】

以上のように、本実施の形態の静電吸引型流体吐出装置では、駆動電圧として、駆動電圧周波数 f が、 $f \leq 1/(2\tau)$ を満たすような両極性パルス電圧を使用してノズル11を駆動することにより、吐出最低電圧の上昇を抑制し、かつ絶縁性基板16上における液滴の飛散領域を狭くし、絶縁性基板16上において鮮明な微細パターンを形成することができる。

【0145】

なお、本実施の形態では、駆動電圧としての両極性パルス電圧をノズル11の駆動電極13に印加するものとして説明したが、ノズル11からの吐出に必要な駆動電圧は駆動電極13に印加される電圧と対向電極として機能するステージ12との間の電位差である。したがって、駆動電圧は、ステージ12にのみ印加される電圧である構成、あるいはステージ12に印加される電圧と駆動電極13に印加される電圧との合成電圧（電位差）である構成であってもよい。

【0146】

また、駆動電圧である両極性パルス電圧としては、AC等のようなスルーレートの低い波形であっても利用可能である。

【0147】

〔実施の形態3〕

本発明の実施のさらに他の形態を図面に基づいて以下に説明する。

【0148】

本実施の形態の静電吸引型流体吐出装置は図11に示す構成を有する。すなわち、本実施の形態の静電吸引型流体吐出装置では、ステージ12が移動装置（移動手段）21に駆動されて移動する。制御装置（制御手段）22は、移動装置21の移動方向、移動速度および移動タイミング等を制御する。制御装置22は、さらに電源14からノズル11の駆動電極13に供給される駆動電圧の電圧値、駆動電圧周波数および駆動電圧の印加タイミング等を制御する。

【0149】

図12は、本実施の形態の静電吸引型流体吐出装置におけるステージ12の走査速度と絶縁性基板16上における液滴の飛散領域幅との関係を示すグラフである。図12には、ポリイミド基板（絶縁性基板16）上に銀ナノペーストを吐出材料15としてライン描画を行った場合の吐出実験結果を示している。この場合のノズル径は約 $1\mu\text{m}$ であり、駆動電圧周波数は 50Hz である。ノズル11と絶縁性基板16（ステージ12）との相対移動は、ステージ12を移動させて行っている。

【0150】

図12の結果では、走査速度が $10\mu\text{m}/\text{sec}$ 以下となる範囲において、絶縁性基板16上における液滴の飛散領域が急激に狭くなっていることがわかる。これは、ノズル11から吐出材料15を吐出する場合において、絶縁性基板16上に既に着弾しているドット（液滴）の位置に対する次に着弾するドット（液滴）の位置のずれ量が、絶縁性基板16上における液滴の飛散領域幅に影響することを意味している。

【0151】

したがって、絶縁性基板16上における液滴の飛散領域幅を最小限に抑制する上での理想的な状態は、絶縁性基板16に対して走査速度がゼロの状態にて、すなわち絶縁性基板16上に既に着弾している液滴上の位置にノズル11が存在する状態にて、両極性パルス電圧の正電圧と負電圧とで交互に吐出材料15を吐出するものである。この状態では、常にほぼ 0V に除電された周辺絶縁部（絶縁性基板16の表面）よりも低抵抗な描画部（着弾液滴部）がノズル11の真下位置に存在することになり、絶縁性基板16上の着弾位置のチャージアップが抑制される。したがって、この場合には、吐出最低電圧の上昇が抑制され、かつ絶縁性基板16上における、同極性電荷を有する液滴同士の反発による液滴の飛散が抑制される。

【0152】

これに対し、ノズル11と絶縁性基板16とが相対移動しながら吐出材料15の吐出が行われ、その走査速度（相対速度）が速くなると、ノズル11からの吐

出材料 15 の吐出位置が直前の着弾位置よりも少しずれた状態となる。この場合には、絶縁性基板 16 上の電位と描画ライン上の電位との両方の影響を受けながら吐出が行われるため、吐出安定性が低下し、絶縁性基板 16 上において吐出位置周囲への吐出材料 15 の飛散が起きやすくなる。

【0153】

具体的に、図 12 に示した結果において、液滴の飛散領域幅が広がる臨界点である走査速度（ステージ速度） $10\ \mu\text{m}/\text{sec}$ 、駆動周波数 $50\ \text{Hz}$ の条件とは、直前の着弾位置から $0.1\ \mu\text{m}$ 離れた位置に次の逆極性電荷を持った液滴が着弾するような条件である。すなわち、一般的に駆動電圧周波数 $f\ \text{Hz}$ 、吐出走査速度 $v\ \mu\text{m}/\text{sec}$ の吐出条件において、ドット間隔 $v/2f$ を $0.1\ \mu\text{m}$ 以下とすることにより、絶縁性基板 16 上における液滴の飛散を低減することができる。上記の結果から、両極性パルス電圧における駆動電圧周波数 $f\ \text{Hz}$ と吐出走査速度 $v\ \mu\text{m}/\text{sec}$ の関係を導くと、 $v/2f \leq 0.1\ \mu\text{m}$ より、 $f \geq 5v$ となる。

【0154】

なお、上記の条件は、描画するラインの幅およびドットの直径が $1 \sim 10\ \mu\text{m}$ の範囲において好適である。

【0155】

以上のように、本実施の形態の静電吸引型流体吐出装置では、絶縁性基板 16 上に吐出材料 15 の微細液滴を吐出してライン描画を行う場合、 $f \geq 5v$ を満たすように、駆動電圧周波数 $f\ \text{Hz}$ および吐出走査速度 $v\ \mu\text{m}/\text{sec}$ を設定することにより、絶縁性基板 16 上における液滴の飛散を抑制して、鮮明な微細パターンを形成することが可能となる。

【0156】

なお、本実施の形態では、駆動電圧としての両極性パルス電圧をノズル 11 の駆動電極 13 に印加するものとして説明したが、ノズル 11 からの吐出に必要な駆動電圧は駆動電極 13 に印加される電圧と対向電極として機能するステージ 12 との間の電位差である。したがって、駆動電圧は、ステージ 12 にのみ印加される電圧である構成、あるいはステージ 12 に印加される電圧と駆動電極 13 に

印加される電圧との合成電圧（電位差）である構成であってもよい。

【0157】

また、駆動電圧である両極性パルス電圧としては、AC等のようなスルーレークの低い波形であっても利用可能である。

【0158】

また、本実施の形態において、移動装置21はステージ12を移動させるものとしているが、絶縁性基板16に描画するためにはステージ12（絶縁性基板16）とノズル11とが相対移動すればよく、したがって移動装置21はノズル11とステージ12との少なくとも一方を移動させるものであればよい。

【0159】

〔実施の形態4〕

本発明の実施のさらに他の形態を図面に基づいて以下に説明する。

【0160】

本実施の形態の静電吸引型流体吐出装置は図1に示した構成を有する。図13は、本実施の形態の静電吸引型流体吐出装置におけるノズル11の駆動電極13に印加する駆動電圧（両極性パルス電圧）と絶縁性基板16上における液滴の飛散領域との関係を示すグラフである。

【0161】

図13では、ポリイミド基板（絶縁性基板16）上に銀ナノペーストを吐出材料15として吐出し、描画を行った実験結果を示している。この場合のノズル径は約 $1\mu\text{m}$ であり、駆動電圧周波数は 50Hz 、ノズル11と絶縁性基板16（ステージ12）との相対移動速度（走査速度）は $200\mu\text{m}/\text{sec}$ としている。このような条件で吐出を行うと、吐出ピッチは $2\mu\text{m}$ となり、ノズル径 $1\mu\text{m}$ で吐出された着弾ドット径（着弾液滴径）は約 $1\mu\text{m}$ であるため、着弾形態はラインではなくドットとなる。

【0162】

図13の結果では、駆動電圧（パルス印加電圧）を大きくするに連れて、吐出材料15を吐出した場合における絶縁性基板16での液滴の飛散領域幅が急激に広がっている。これは、同一の位置に同極性の電荷を持った液滴が大量に着弾

されるためである。すなわち、駆動電圧が高くなるとノズル 11 からの吐出材料 15 の吐出量が多くなり、それが絶縁性基板 16 上に着弾した場合における着弾液滴中の同極性電荷同士の反発により、液滴の飛散領域が拡大する。特に、駆動電圧が 400 V を超えると飛散領域が急激に拡大している。逆に、駆動電圧が 400 V 以下では飛散領域が相対的に狭くなっている。すなわち、駆動電圧を 400 V 以下とすることにより、周辺部への液滴の飛散を抑制した吐出を行うことができる。なお、この場合、駆動電圧の下限値は例えば吐出最低電圧となる。

【0163】

以上のように、本実施の形態の静電吸引型流体吐出装置では、絶縁性基板 16 上に微細液滴を吐出してドット形成する場合に、ノズル 11 の駆動電極 13 に印加する駆動電圧を 400 V 以下としているので、絶縁性基板 16 上において、着弾ドット（着弾液滴）周辺部への液滴の飛散を抑制し、鮮明な微細パターンを形成することができる。

【0164】

なお、本実施の形態では、駆動電圧としての両極性パルス電圧をノズル 11 の駆動電極 13 に印加するものとして説明したが、ノズル 11 からの吐出に必要な駆動電圧は駆動電極 13 に印加される電圧と対向電極として機能するステージ 12 との間の電位差である。したがって、駆動電圧は、ステージ 12 にのみ印加される電圧である構成、あるいはステージ 12 に印加される電圧と駆動電極 13 に印加される電圧との合成電圧（電位差）である構成であってもよい。

【0165】

また、駆動電圧である両極性パルス電圧としては、AC 等のようなスルーレートの低い波形であっても利用可能である。

【0166】

また、以上の実施の形態において、液滴の飛散領域幅は、描画するラインの幅に厳密に影響されるものではなく、描画パターン領域を含みその両側に広がる、液滴が不要に飛散している領域全体の幅と見なすことができる。

【0167】

【発明の効果】

本発明の構成では、ノズルの孔径を $\phi 0.01\mu\text{m} \sim \phi 25\mu\text{m}$ としているので、ノズル孔径の微細化と駆動電圧の低電圧化の両立を実現している。

【0168】

また、本発明の構成では、ノズルに印加する駆動電圧が、正負両極性に反転する両極性パルス電圧であり、周波数が 1Hz 以上の電圧となっているので、吐出先部材のチャージアップによる吐出先部材での液滴の飛散領域の拡大と駆動電圧の上昇とを抑制することができる。この結果、吐出先部材に対する微細パターンの形成を、ノズルの低電圧駆動により、かつ鮮明に行うことができる。

【0169】

また、本発明の構成では、ノズルに印加する駆動電圧として、正負両極性に反転する両極性パルス電圧であり、流体の電気伝導度 $\sigma\text{ S/m}$ および比誘電率 ϵ に対して、 $\tau = \epsilon / \sigma$ にて決定される時定数 τ と駆動電圧周波数 $f\text{ Hz}$ との関係が $f \leq 1 / (2\tau)$ となる電圧を出力するので、ノズルからの吐出最低電圧の上昇を抑制し、かつ吐出先部材上における液滴の飛散領域を狭くし、吐出先部材上において鮮明な微細パターンを形成することができる。

【0170】

また、本発明の構成では、ノズルに印加する駆動電圧として、正負両極性に反転し、周波数が $f\text{ Hz}$ である両極性パルス電圧を出力し、ノズルと吐出先部材との相対移動における相対速度 $v\mu\text{m/s}$ と駆動電圧周波数 $f\text{ Hz}$ との関係が、 $f \geq 5v$ となるように駆動電圧周波数と相対移動速度との少なくとも一方を制御するので、吐出先部材上における液滴の飛散を抑制して、鮮明な微細パターンを形成することが可能となる。

【0171】

また、本発明の構成では、ノズルに印加する駆動電圧が、正負両極性に反転する両極性パルス電圧であり、 400 V 以下の電圧であるので、吐出先部材上に流体を吐出してドット形成する場合、そのドット周辺部への液滴の飛散を抑制し、鮮明な微細パターンを形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の一形態における静電吸引型流体吐出装置の概略構成図である。

【図 2】

図 1 に示した電源から出力される駆動電圧の一例を示す波形図である。

【図 3】

図 1 に示した静電吸引型流体吐出装置におけるノズルの駆動電圧周波数と吐出最低電圧との関係を示すグラフである。

【図 4】

図 1 に示した静電吸引型流体吐出装置でのライン描画時におけるノズルの駆動電圧周波数と絶縁性基板上での液滴飛散領域幅との関係を示すグラフである。

【図 5】

本発明の実施の他の形態の静電吸引型流体吐出装置におけるノズルの駆動電極に印加される駆動電圧としての両極性パルス電圧の波形とノズル先端における吐出材料の表面電位との関係を示す波形図であって、図 5 (a) はノズルから吐出材料の吐出が起きない場合を示すものであり、図 5 (b) は同吐出が起こる場合を示すものである。

【図 6】

図 1 に示した静電吸引型流体吐出装置のノズルにおいて駆動電極から供給される電荷がノズル先端のメニスカスに蓄積される動作の説明図である。

【図 7】

図 5 (b) に示した駆動電圧を使用した場合のノズルからの吐出材料の吐出および不吐出の様子を示す説明図である。

【図 8】

図 1 に示した静電吸引型流体吐出装置における駆動電圧周波数と吐出最低電圧との関係を示すグラフである。

【図 9】

図 1 に示した静電吸引型流体吐出装置における駆動電圧周波数と絶縁性基板上での液滴の飛散領域幅との関係を示すグラフである。

【図 10】

図 1 に示した静電吸引型流体吐出装置において、吐出材料として染色インクお

よび銀ナノペーストを使用した場合の駆動電圧周波数と吐出最低電圧との関係を広い周波数範囲で示しグラフである。

【図 1 1】

本発明の実施のさらに他の形態の静電吸引型流体吐出装置の概略構成である。

【図 1 2】

本発明の実施のさらに他の形態の静電吸引型流体吐出装置におけるステージの走査速度と絶縁性基板上での液滴の飛散領域幅との関係を示すグラフである。

【図 1 3】

本発明の実施のさらに他の形態の静電吸引型流体吐出装置におけるノズルの駆動電極に印加する駆動電圧と絶縁性基板上における液滴の飛散領域との関係を示すグラフである。

【図 1 4】

吐出先部材として表面抵抗値が $1015 \Omega / sq$ のポリイミドを使用した場合と吐出先部材として表面抵抗値が $1010 \Omega / sq$ のガラス基板あるいは導電体の SUS 基板を使用した場合とにおける DC バイアスによる吐出最低電圧を示す説明図である。

【図 1 5】

ノズルの駆動電圧として両極性パルス電圧を使用する場合と DC バイアスを使用する場合とにおける吐出最低電圧を示す説明図である。

【図 1 6】

ノズルの駆動電圧として両極性パルス電圧を使用しての描画パターン形成時に、描画パターンの周辺に微小な液滴の飛散りが発生した状態を示す説明図である。

【図 1 7】

図 1 7 (a) は、ノズルの駆動電圧としての周波数の低いパルス電圧の一例を示す波形図、図 1 7 (b) は、絶縁性基板上において液滴の飛散りが発生する原理の説明図である。

【図 1 8】

本発明の前提技術におけるノズルの電界強度の説明図である。

【図 19】

本発明の前提技術における、表面張力圧力と静電的圧力のノズル径依存性のモデル計算結果を示したグラフである。

【図 20】

本発明の前提技術における、吐出圧力のノズル径依存性のモデル計算結果を示したグラフである。

【図 21】

本発明の前提技術における、吐出限界電圧のノズル径依存性のモデル計算結果を示したグラフである。

【図 22】

本発明の前提技術における、荷電液滴と基板との間に働く鏡像力とノズル－基板間距離との相関を示したグラフである。

【図 23】

本発明の前提技術における、ノズルから流出する流量と印加電圧との相関関係のモデル計算結果を示したグラフである。

【図 24】

従来の静電吸引型インクジェット方式の考え方である、電氣流体力学的な不安定性による静電曳き糸現象による曳き糸成長の原理を示す説明図である。

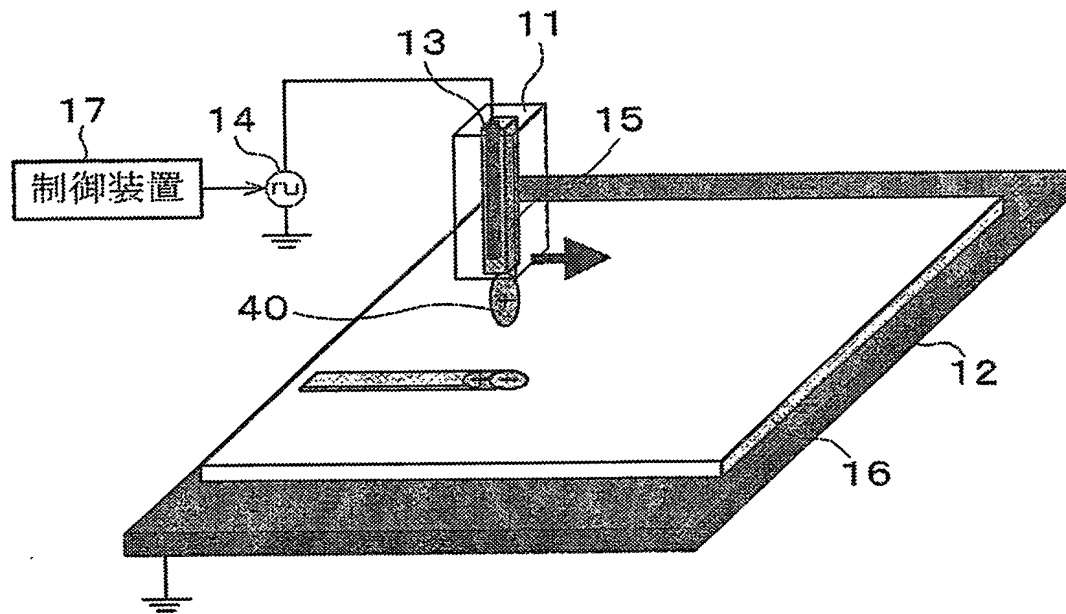
【符号の説明】

- 1 1 ノズル
- 1 2 ステージ
- 1 3 駆動電極
- 1 4 電源（駆動電圧印加手段）
- 1 5 吐出材料（流体）
- 1 6 絶縁性基板（吐出先部材）
- 1 7 制御装置（駆動電圧印加手段）
- 2 1 移動装置（移動手段）
- 2 2 制御装置（制御手段）
- 4 0 メニスカス

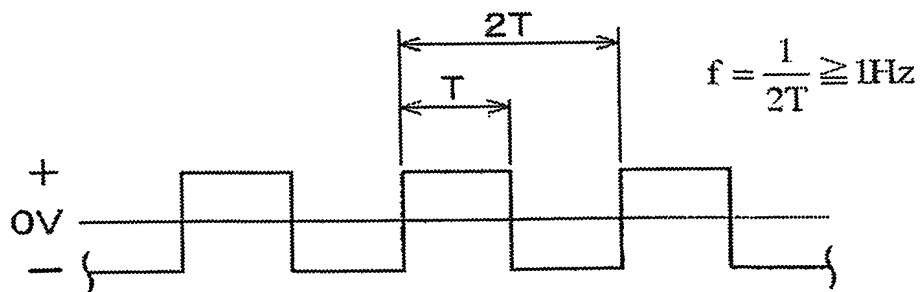
- 1 0 1 両極性パルス電圧
- 1 0 2 メニスカス表面電位
- 1 0 3 吐出可能最低電位

【書類名】 図面

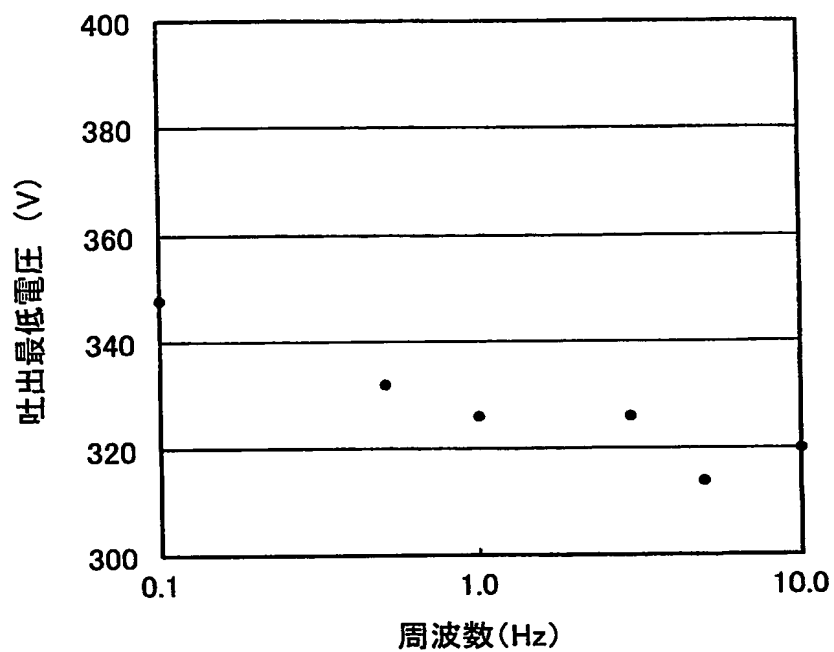
【図 1】



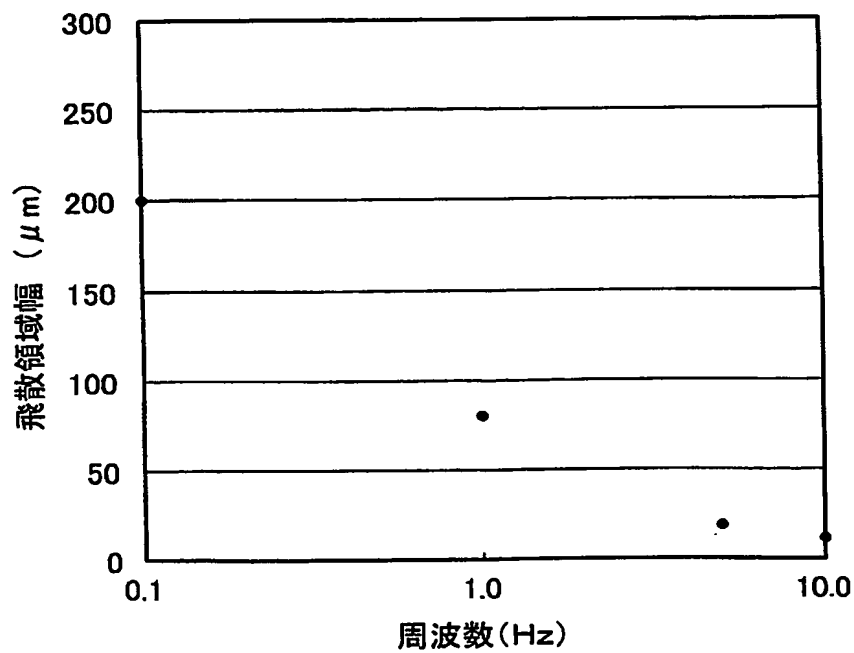
【図 2】



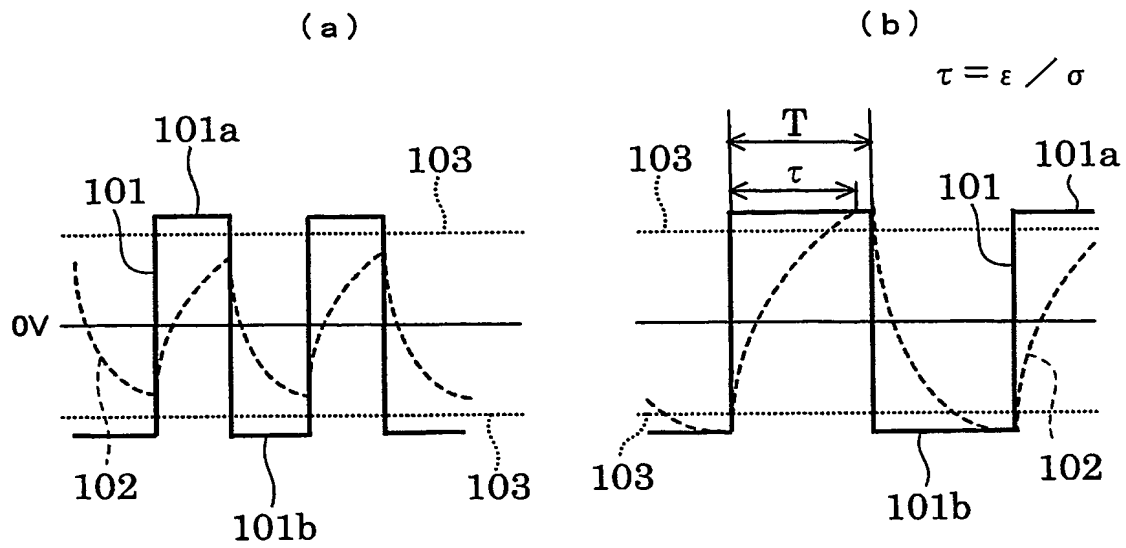
【図 3】



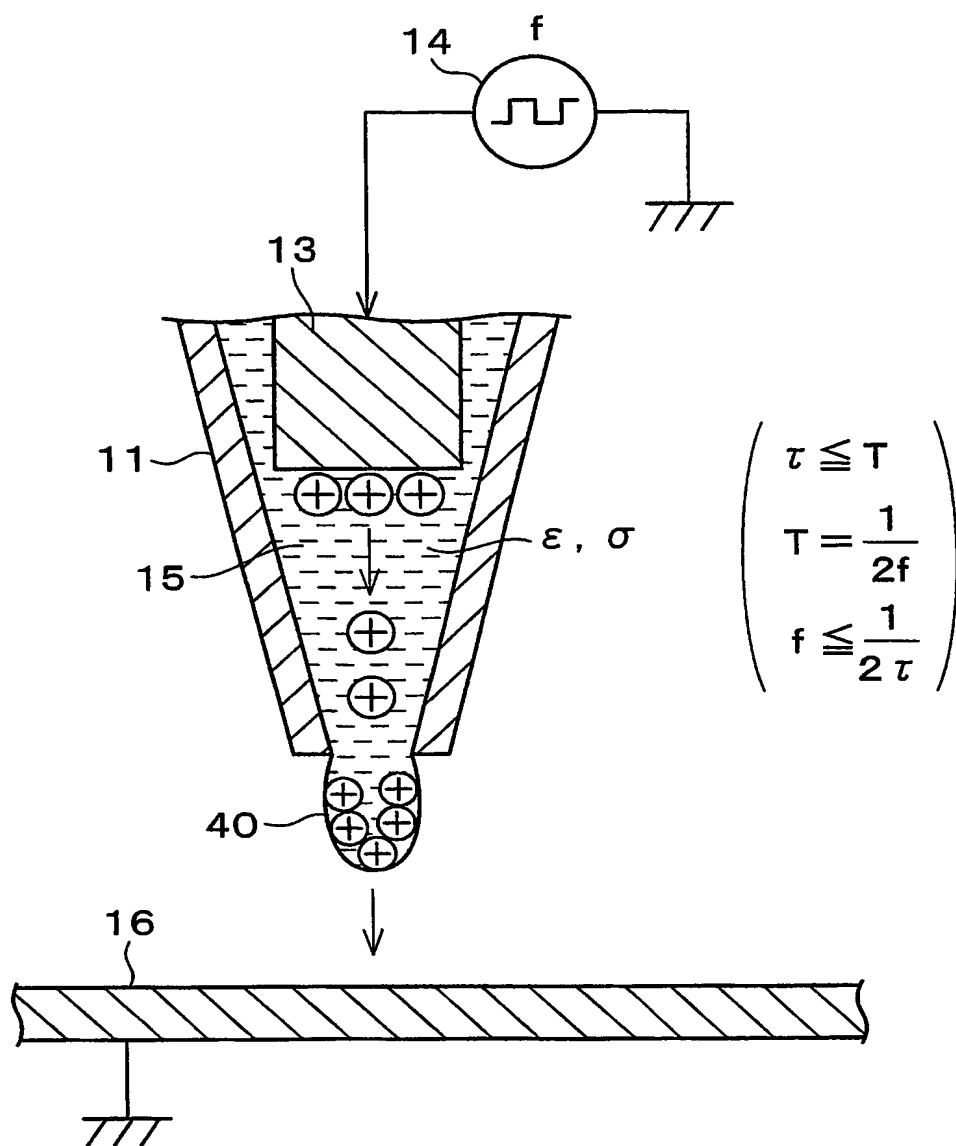
【図 4】



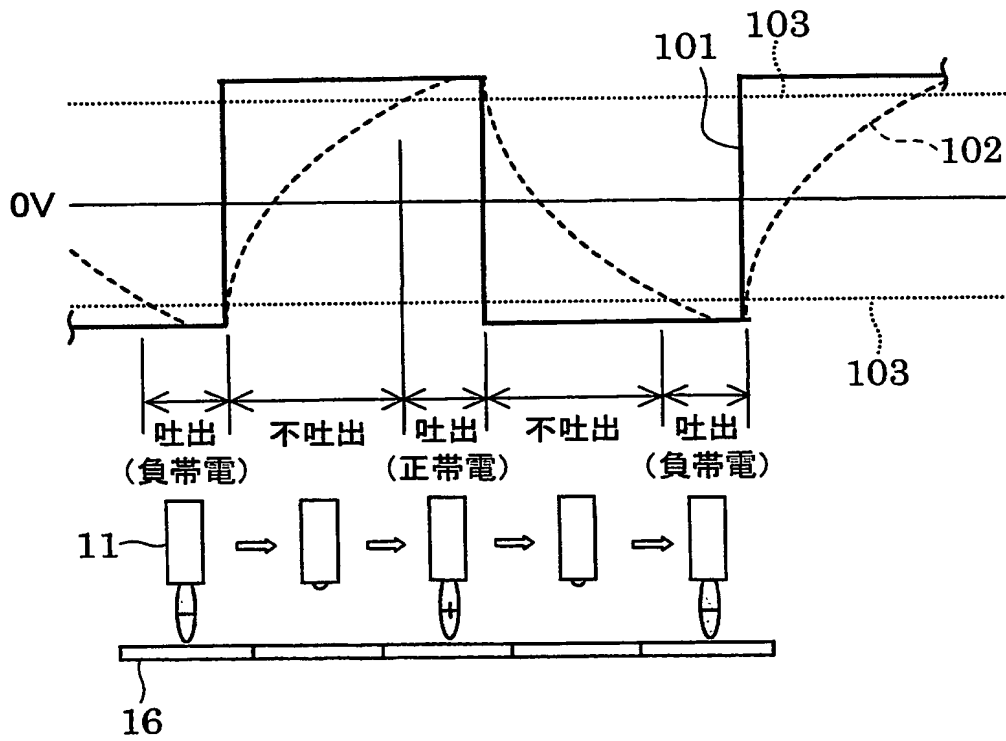
【図 5】



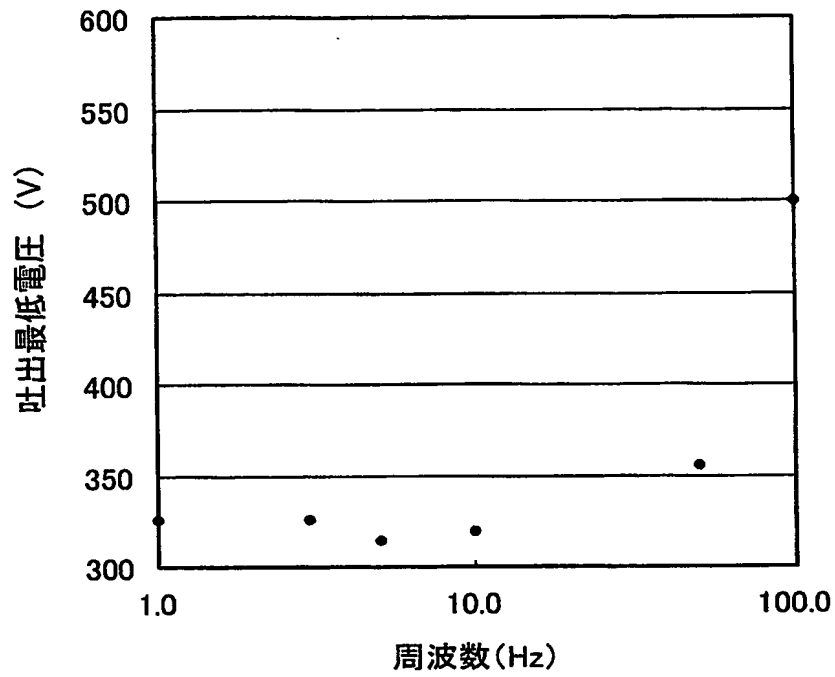
【図 6】



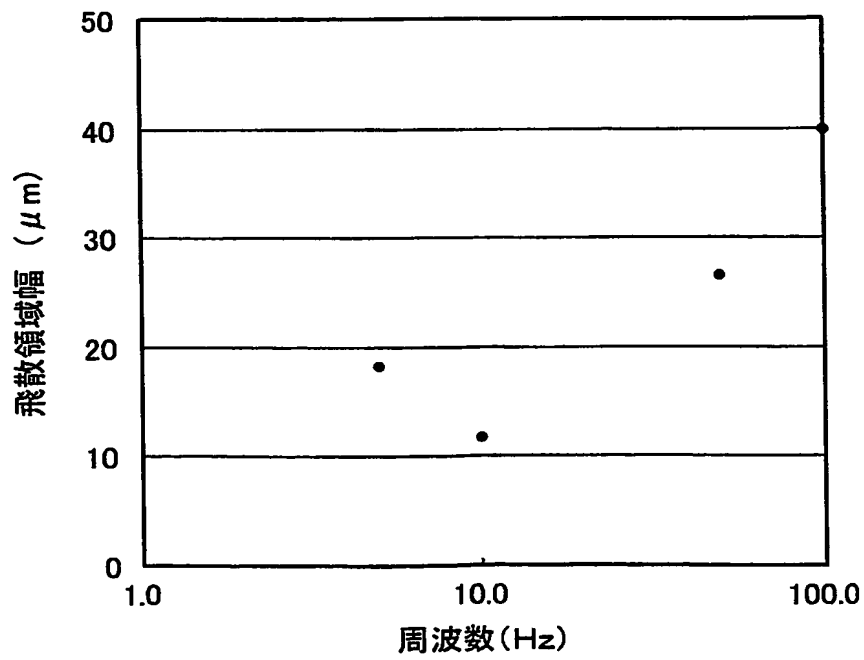
【図 7】



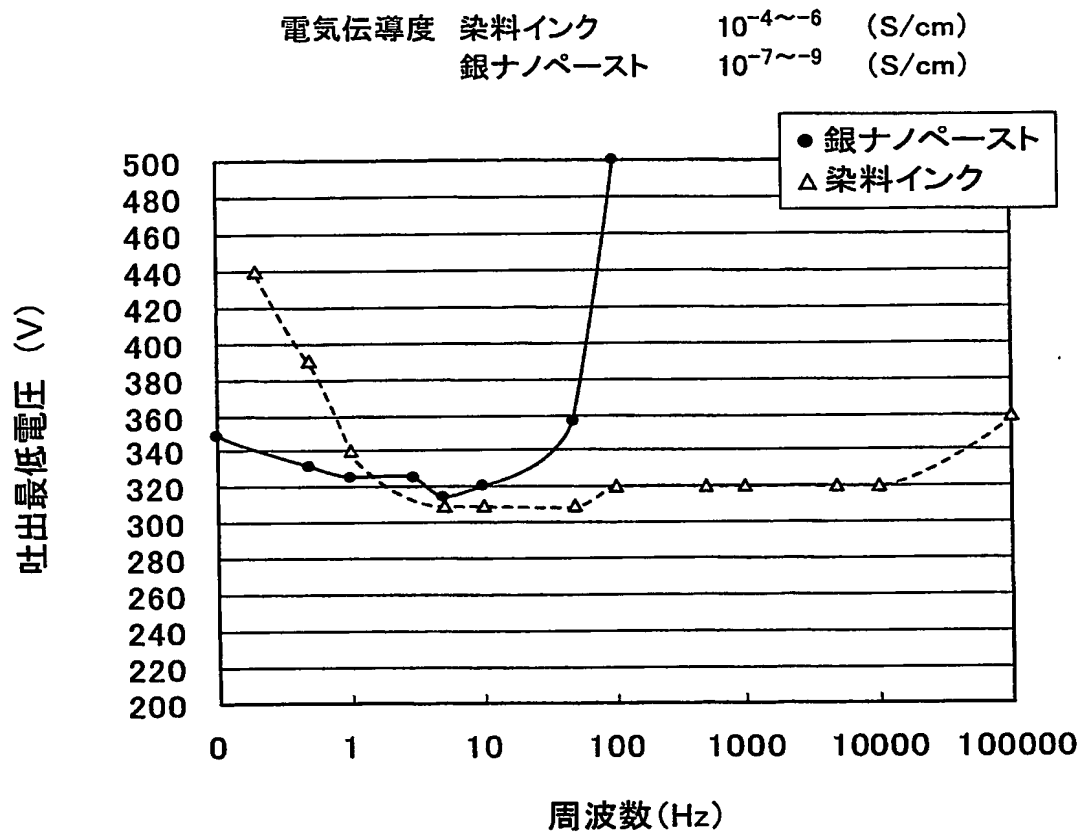
【図 8】



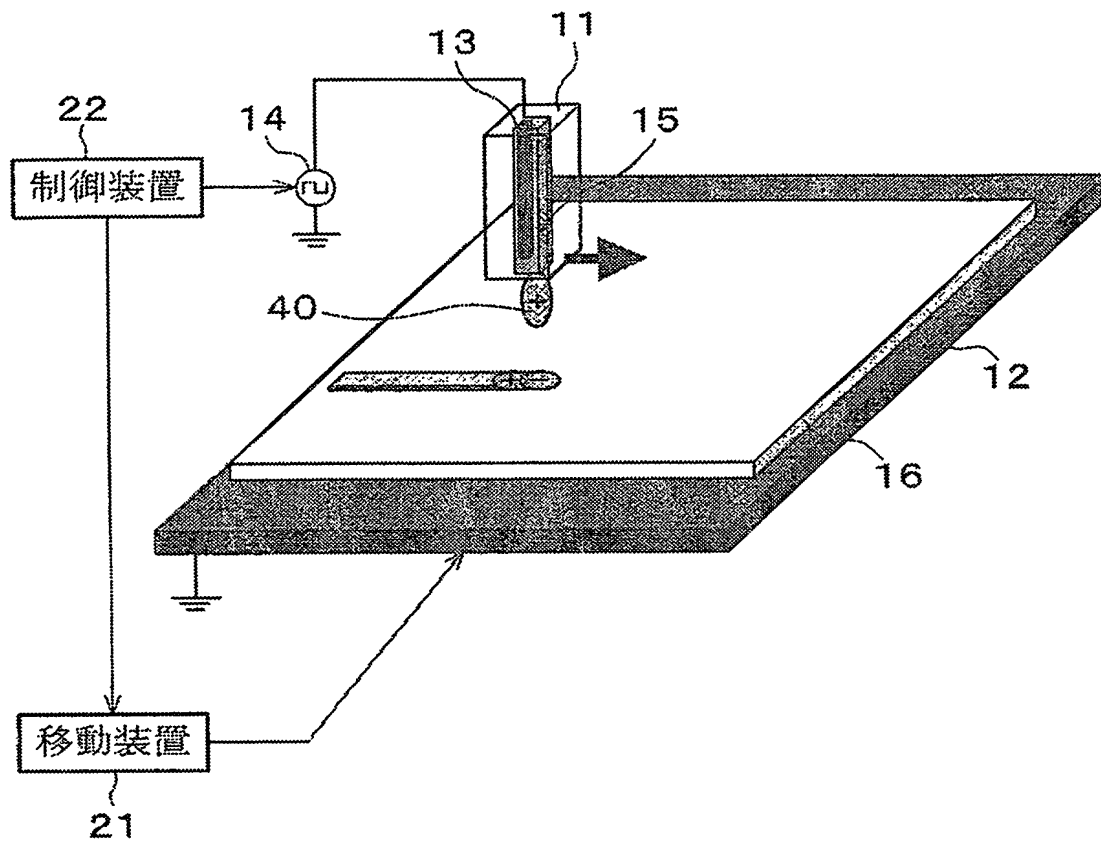
【図 9】



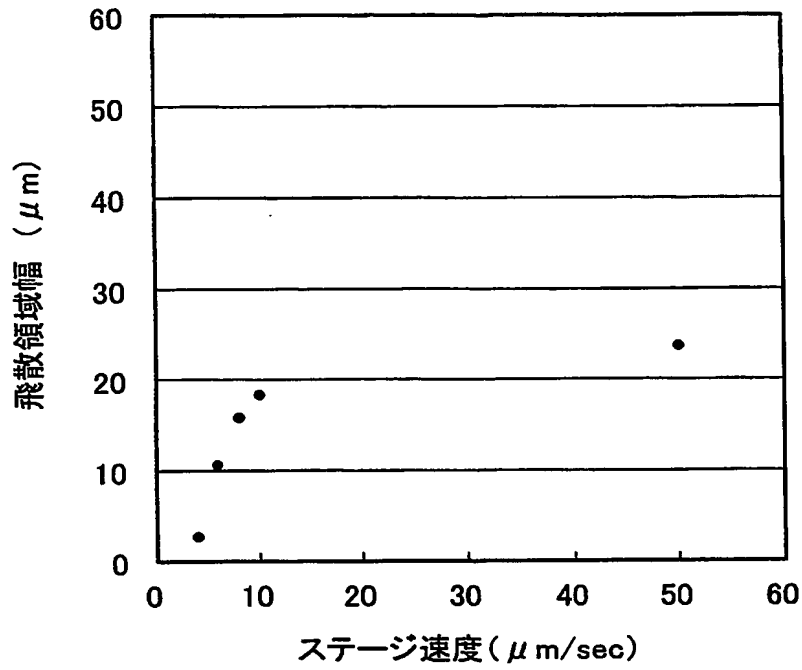
【図 10】



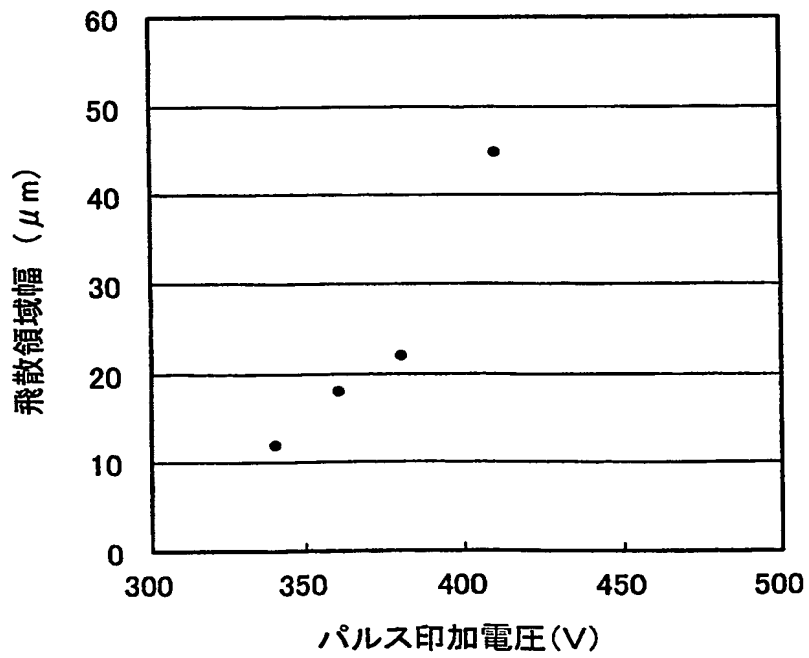
【図 11】



【図 12】



【図 13】



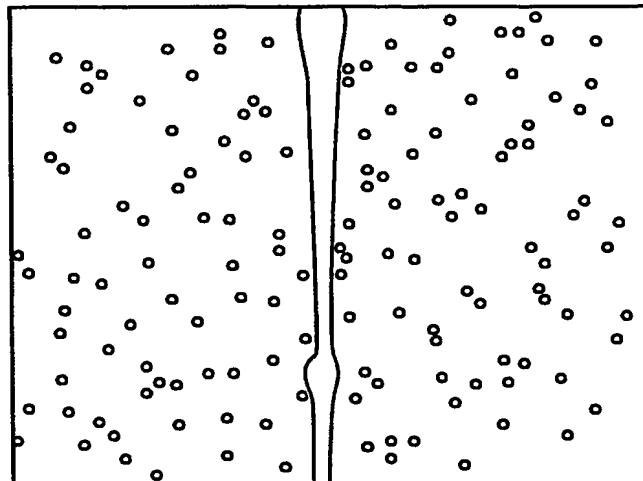
【図 14】

基板の種類	吐出最低電圧
ポリイミド ($10^{15} \Omega/\text{sq}$)	330V
ガラス ($10^{10} \Omega/\text{sq}$)	148V
SUS	148V

【図 15】

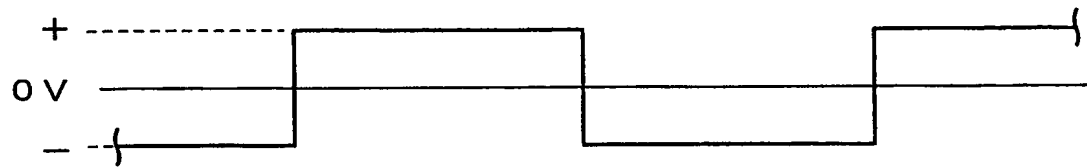
電圧印加方法	吐出最低電圧
DC	330V
両極性パルス電圧	163V

【図 16】

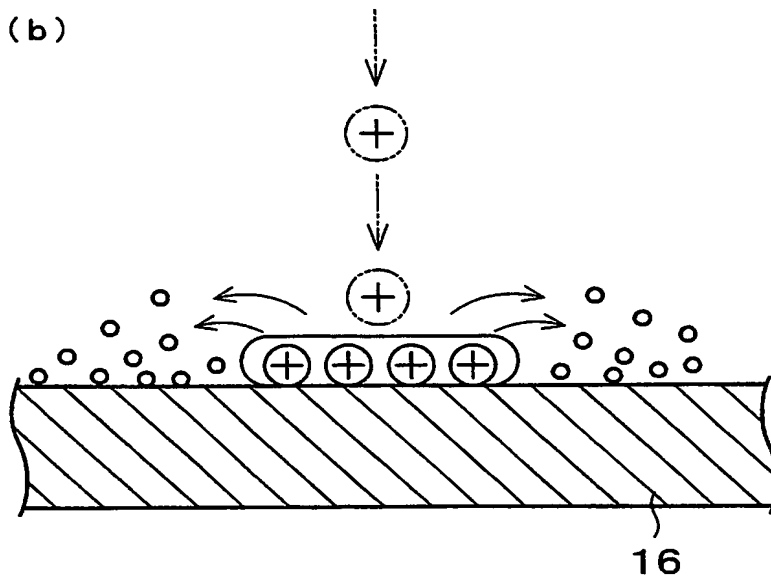


【図 17】

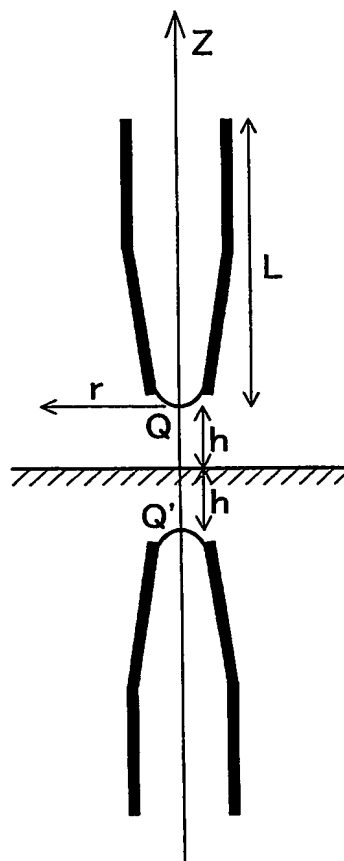
(a)



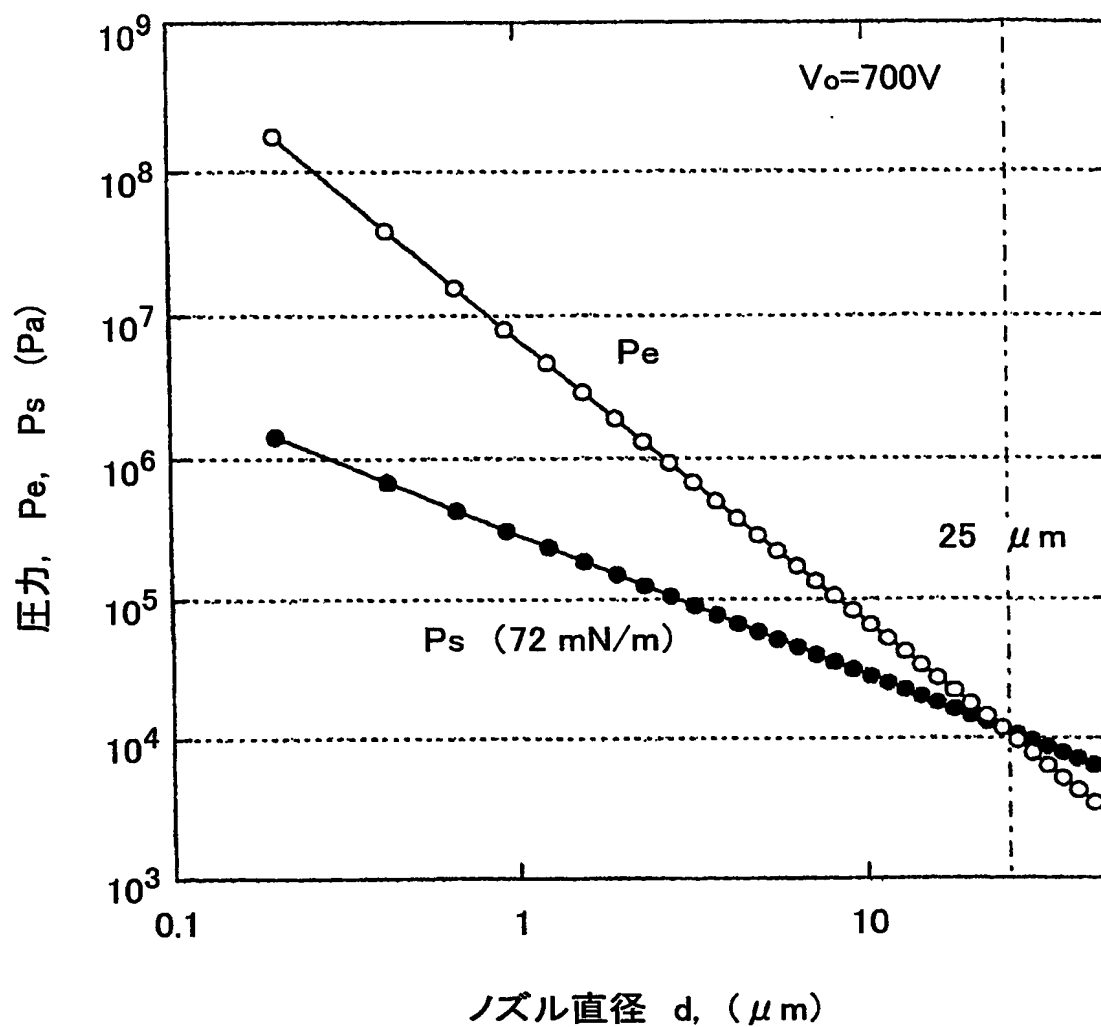
(b)



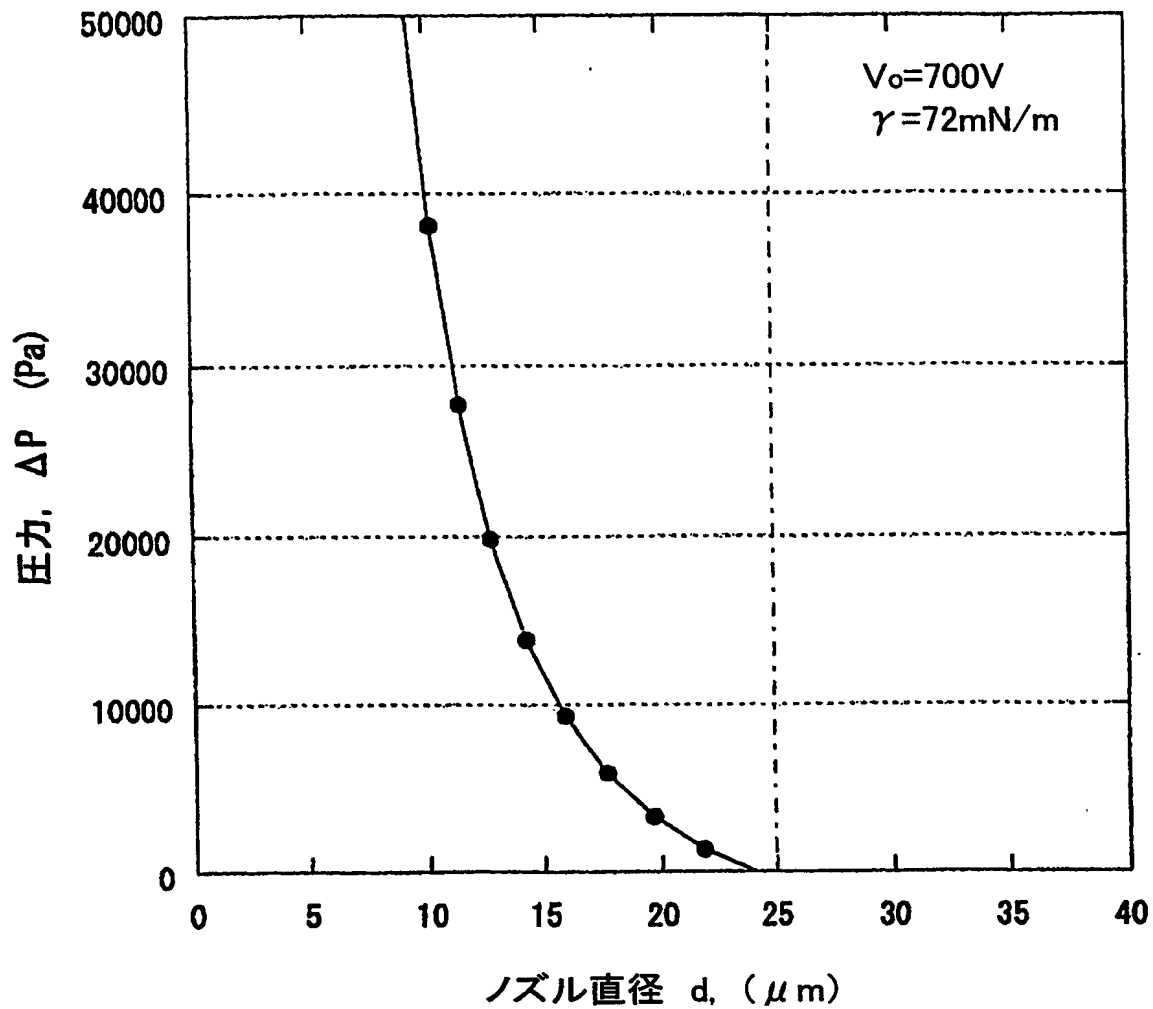
【図 18】



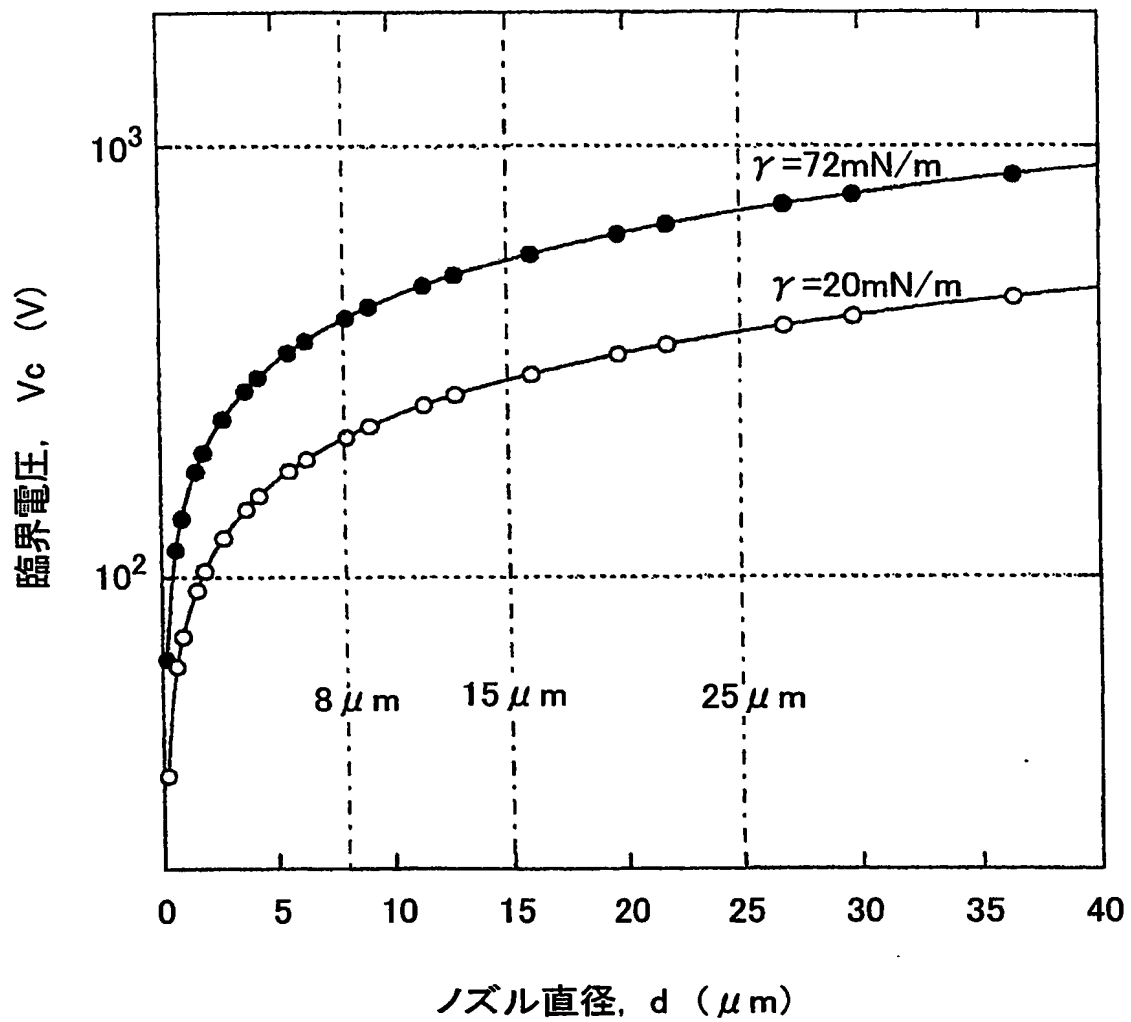
【図 19】



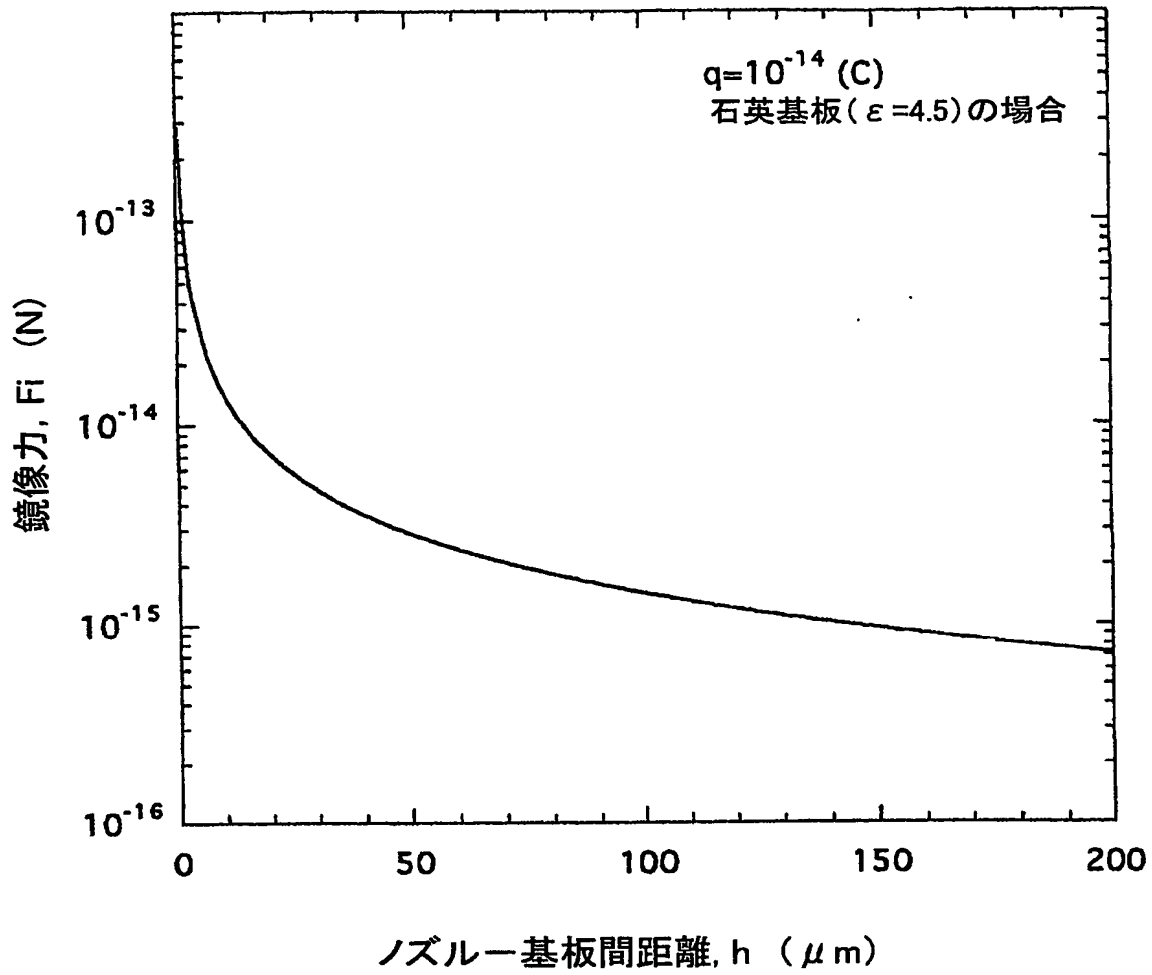
【図 20】



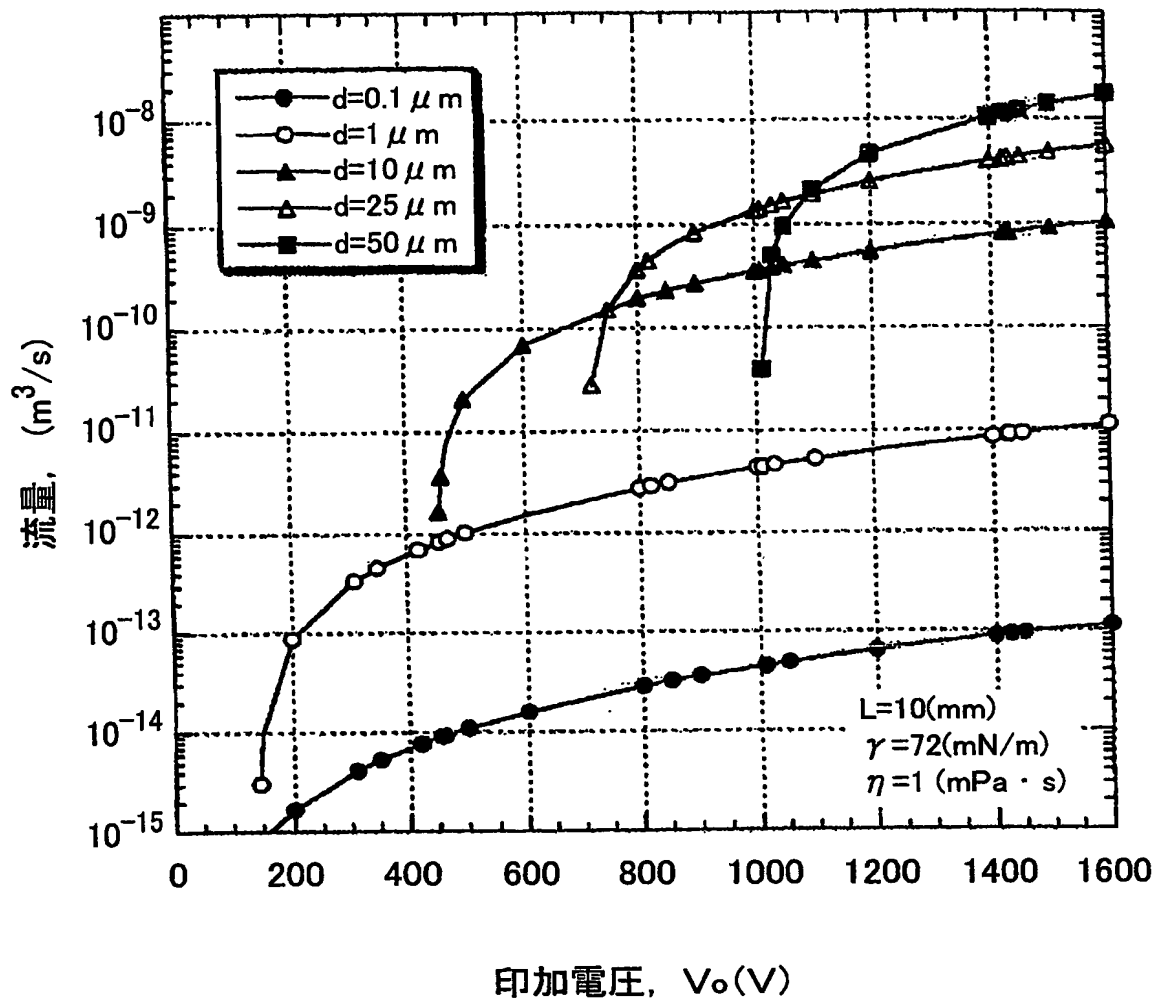
【図 21】



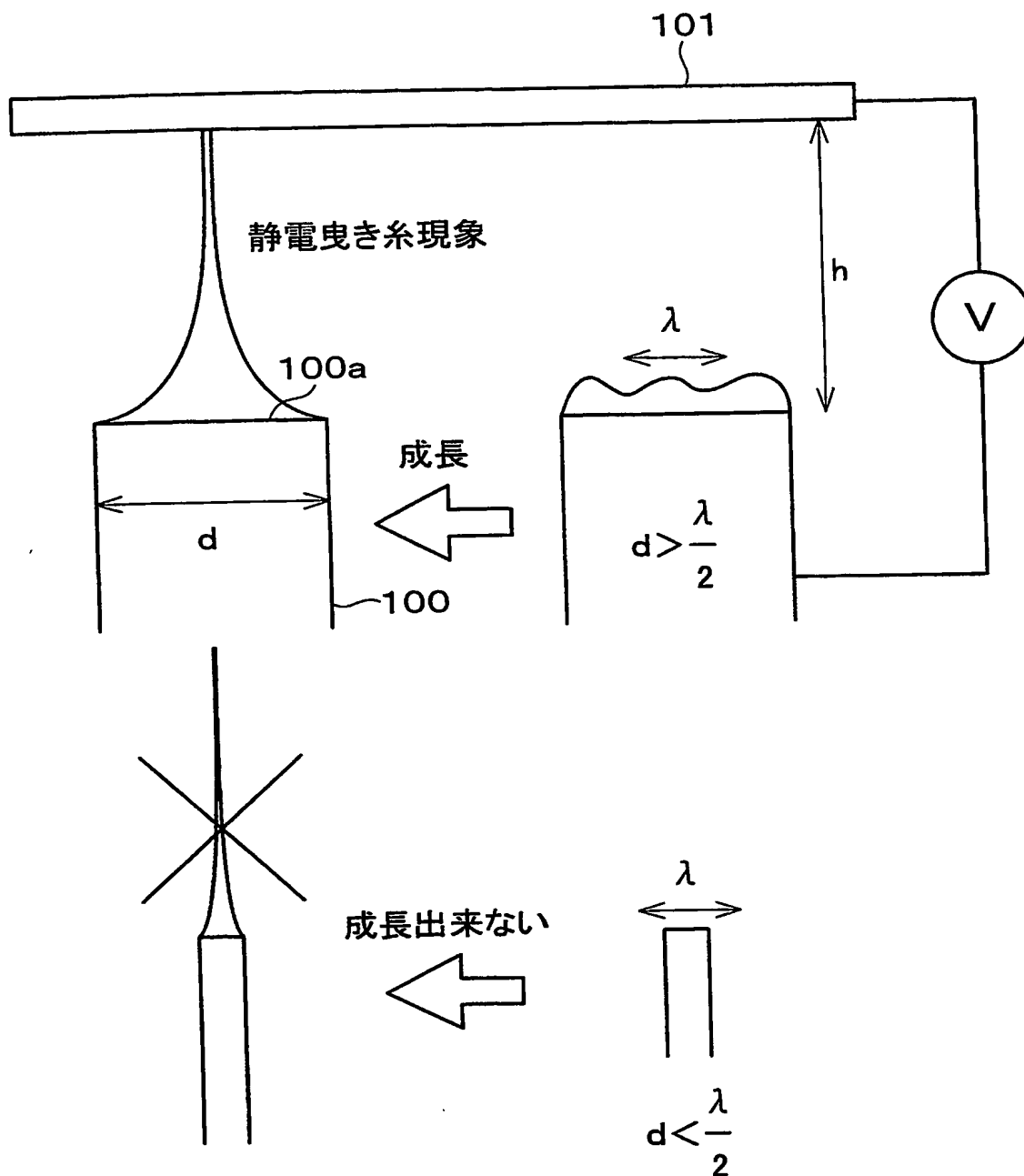
【図 22】



【図 23】



【図24】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ノズル孔径の微細化と駆動電圧の低電圧化を両立し、かつ吐出先部材での液滴飛散を抑制して鮮明な微細パターンを形成できるようにする。

【解決手段】 静電吸引型流体吐出装置は、ノズル 11 と絶縁性基板 16 との間に電源 14 から駆動電圧を印加して、ノズル 11 内に供給された吐出材料 15 に電荷を供給し、この吐出材料 15 をノズル孔から絶縁性基板 16 に吐出させる。ノズル 11 の孔径は $\phi 0.01 \mu\text{m} \sim \phi 25 \mu\text{m}$ であり、電源 14 は、駆動電圧として、正負両極性に反転する両極性パルス電圧であり、周波数が 1 Hz 以上の電圧を出力する。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-206962
受付番号	50301325327
書類名	特許願
担当官	田口 春良 1617
作成日	平成 15 年 12 月 1 日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000005049
【住所又は居所】	大阪府大阪市阿倍野区長池町 22 番 22 号
【氏名又は名称】	シャープ株式会社

【特許出願人】

【識別番号】	000001270
【住所又は居所】	東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 1 号
【氏名又は名称】	コニカミノルタホールディングス株式会社

【特許出願人】

【識別番号】	301021533
【住所又は居所】	東京都千代田区霞が関 1-3-1
【氏名又は名称】	独立行政法人産業技術総合研究所

【代理人】

【識別番号】	申請人
【識別番号】	100080034
【住所又は居所】	大阪府大阪市北区天神橋 2 丁目北 2 番 6 号 大和南森町ビル 原謙三国際特許事務所
【氏名又は名称】	原 謙三

【選任した代理人】

【識別番号】	100113701
【住所又は居所】	大阪府大阪市北区天神橋 2 丁目北 2 番 6 号 大和南森町ビル 原謙三国際特許事務所
【氏名又は名称】	木島 隆一

【選任した代理人】

【識別番号】	100116241
【住所又は居所】	大阪府大阪市北区天神橋 2 丁目北 2 番 6 号 大和南森町ビル 原謙三国際特許事務所
【氏名又は名称】	金子 一郎

特願 2 0 0 3 - 2 0 6 9 6 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 0 4 9]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 9 日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府大阪市阿倍野区长池町 2 2 番 2 2 号
氏 名	シャープ株式会社

特願 2 0 0 3 - 2 0 6 9 6 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [3 0 1 0 2 1 5 3 3]

1. 変更年月日 2 0 0 1 年 4 月 2 日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区霞が関 1 - 3 - 1

氏 名 独立行政法人産業技術総合研究所

特願 2003-206962

出願人履歴情報

識別番号 [000001270]

1. 変更年月日 2003年 8月 4日
[変更理由] 名称変更
住 所 東京都新宿区西新宿1丁目26番2号
氏 名 コニカミノルタホールディングス株式会社
2. 変更年月日 2003年 8月21日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都千代田区丸の内一丁目6番1号
氏 名 コニカミノルタホールディングス株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.